

**Análisis y Diseño de un sistema de comunicación basado en VoIP usando el protocolo
IPv6 en la Universidad de la Costa**

Herrera Alvear Shadia Selena



Universidad de la Costa - CUC

Programa de Ingeniería de Sistemas

Barranquilla, Atlántico

2021

**Análisis y Diseño de un sistema de comunicación basado en VoIP usando el protocolo
IPv6 en la Universidad de la Costa**

Herrera Alvear Shadia Selena

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:

Ingeniero de Sistemas

Director:

Dixon David Salcedo Morillo, PhD.

Codirector:

Rodolfo Cañas Cervantes

Corporación Universidad de la Costa - CUC

Programa de Ingeniería de Sistemas

Barranquilla, Atlántico

2021

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Barranquilla, marzo 2021

Agradecimientos

Gracias a Dios por permitirme dar un paso más en la vida, acompañándome siempre a donde voy; a pesar de las dificultades nunca falla.

Gracias a mis padres Luz Marina Alvear y Roberto Herrera Arrieta, que siempre dieron todo lo mejor para que yo pueda salir adelante, siempre me brindaron su apoyo dándome ánimos y aliento para seguir cumpliendo mis sueños.

Gracias a mi pareja Bryan Nieto Andrade por brindarme consejos, siempre dándome ánimos y muchas veces recordándome a donde debo llegar y que no estoy sola.

Gracias especialmente a mi tutor Dixon Salcedo, por ayudarme, apoyarme y enseñarme, además de guiarme en esta investigación. Nunca dejó de confiar en mí, en mis capacidades como estudiante y persona.

Shadia Selena Herrera Alvear.

Resumen

Actualmente, el servicio de voz sobre protocolo de sistema de telefonía por Internet, también conocido como VoIP es la última tecnología que permite realizar llamadas a través de la red. La importancia de esta tecnología se basa especialmente en cómo funciona, sus múltiples características y ventajas, incluyendo el ahorro de los costos y su portabilidad, es decir, es muy bajo de precio y puede ser utilizado en distintas partes del mundo, lo cual hoy en día es prácticamente una necesidad. Este servicio de VoIP está creciendo rápidamente gracias al ancho de banda que puede alcanzar; y también, gracias a la calidad de servicio que le brinda al usuario. Esta investigación, se favorece del modelo TCP/IP y de las plataformas de software libre; que permiten integrar el servicio de VoIP a una red de computadores instalada, o en un nuevo diseño de red. Así mismo, el servicio de VoIP provee de características, ventajas; y desventajas que puedan ayudar a optimizar la comunicación organizacional. Por otro lado, el diseñar una nueva red de computadoras para VoIP o usar la infraestructura de telecomunicaciones instaladas; permite decidir cuál es mejor método para seguir, cuál tipo de red es más accesible, y cuál versión de TCP/IP tiene mejor rendimiento. Lo anterior, permite a las organizaciones disminuir costos tanto en infraestructura como la implementación de estos nuevos servicios.

Palabras clave: VoIP, IPv6, software libre, TCP/IP, protocolos, infraestructura, tecnología

Abstract

Currently, Voice over Internet Protocol telephony system, also known as VoIP, is the latest technology that allows calls to be made over the Internet. The importance of this technology is based especially on how it works, its many features and advantages, including cost savings and portability, i.e., it is very low in price and can be used in different parts of the world, which today is practically a necessity. This VoIP service is growing rapidly thanks to the bandwidth it can reach; and, thanks to the quality of service it provides to the user. This research takes advantage of the TCP/IP model and open-source software platforms that allow the VoIP service to be integrated into an existing computer network or into a new network design. Likewise, the VoIP service provides features, advantages and disadvantages that can help optimize organizational communication. On the other hand, designing a new computer network for VoIP or using the installed telecommunications infrastructure allows organizations to decide which is the best method to follow, which type of network is more accessible, and which version of TCP/IP has the best performance. This allows organizations to reduce costs both in infrastructure and the implementation of these new services.

Keywords: VoIP, IPv6, free software, TCP/IP, protocols, infrastructure, technology

Contenido

Lista de tablas y figuras.....	11
Tablas	11
Figuras	11
Introducción	12
1 Planteamiento del problema.....	14
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 Pregunta problema.....	15
2 Justificación	16
3 Objetivos.....	17
3.1 General.....	17
3.2 Objetivos específicos:.....	17
4 Marco referencial	18
4.1 Estado del arte	18
5 Marco conceptual.....	23
5.1. IPv6.....	23
5.1.1. Definición.....	23
5.1.2. Modelos de dirección.	24
5.1.3. Direccionamiento de host.....	25
5.1.4. Directrices del plan de direcciones IPv6.	25

5.2.	Tráfico de red.....	26
5.3.	IPv4.....	27
5.4.	Transmisión de voz sobre IP	28
5.5.	Migración de voz a IPv6.....	28
5.6.	Calidad de servicio	29
5.7.	Parámetros que miden la calidad de servicio.....	30
5.8.	Normas internacionales sobre Cableado Estructurado	31
5.9.	Estándares internacionales para el diseño de infraestructuras	33
5.10.	Buenas prácticas TI.....	34
6	Diseño de la solución	36
6.1	Diseño metodológico	36
6.1.1.	Tipo de Investigación y alcance.....	38
6.1.2.	Área de estudio.	39
6.2	Estudio de las plataformas de código abierto utilizadas para ofrecer servicio VoIP .	39
6.2.1.	Capa Física.	39
6.2.2.	Capa de Red.	40
6.2.3.	Capa de Transporte.....	41
6.2.4.	Capa de aplicación.	43
□	GSM.....	45
□	iLBC:	46

□ Speex	46
□ Silk.....	46
□ Opus.....	46
1. Softphone Pro.....	47
2. Softphone Bria	48
3. Softphone Zoiper	48
6.2.5. Caracterización de tecnologías y plataformas en telecomunicaciones VoIP.	48
6.2.5.1. Sangoma PBXact UC5000 - 5000 user / 1500 calls.....	49
6.2.5.2. Sangoma PBXact UC2000 - 2000 user / 1500 calls.....	49
6.3 Solución propuesta	50
6.3.1. Infraestructura de red propuesta para soportar servicio de VoIP sin adicionar dispositivos de interconexión.	54
6.3.1.1. Infraestructura general de la Institución.....	54
6.3.1.2. infraestructura de red de cada edificio de la Institución.	55
6.3.1.3. Diseño de red para cada puesto de trabajo.	56
6.3.2. Infraestructura de red propuesta adicionando dispositivos de interconexión para soportar el servicio de VoIP.	57
6.3.2.1. Infraestructura general de la Institución.....	57
6.3.2.2. infraestructura de red de cada edificio de la Institución.	58
6.3.2.3. Diseño de red para cada puesto de trabajo.	59

7.	Resultados y análisis	60
8.	Conclusiones	61
9.	Referencias	62

Lista de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1. Actividades para desarrollar.....	36
Tabla 2. Capas del modelo TCP/IP	39
Tabla 3. Plataformas con versiones en IPv4 y en IPv6	41

Figuras

Figura 1. Crecimiento de dispositivos y usuarios. Fuente: (Cicileo, 2018 c)	14
Figura 2. Formato de encabezado protocolo UDP. Fuente: (Postel, 1980 a).....	42
Figura 3. Encapsulación de protocolos UDP y RTP. Fuente: (Martinez, 2015)	43
Figura 4. Niveles de la capa de aplicación. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 5. Plano de infraestructura general actual de telecomunicaciones de la Institución. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 6. Plano de infraestructura general con servidor VoIP de la Institución. Fuente: Elaboración propia.	54
Figura 7. Plano de infraestructura de telecomunicaciones de cada bloque de la Institución. Fuente: Elaboración propia.	55
Figura 8. Puesto de trabajo con Softphone. Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 9. Plano de infraestructura general con servidor VoIP añadiendo dispositivos de interconexión. Elaboración propia	57
Figura 10. Plano de infraestructura de cada edificio de la Institución. Fuente: Elaboración propia.	58
Figura 11. Puesto de trabajo con Teléfonos IP. Fuente: Elaboración propia.	59

Introducción

Los servicios de voz por protocolo de internet (VoIP), se han impulsado gracias al crecimiento del ancho de banda y la gran reducción de costes que ha logrado transformar las telecomunicaciones. El servicio VoIP ha tenido una grata aceptación de los proveedores de servicios, debido que se puede consumir de una manera más económica, porque la información viaja a través de Internet y no en líneas convencionales terrestres. Esto ayuda abrir nuevos mercados y empieza el cambio en las telecomunicaciones, así lo afirma (ITU, 2009 a).

El servicio VoIP ha sido estudiado por distintos autores. El trabajo de (Escamilla & Hernandez, 2015) propuso un diseño de una infraestructura de red VoIP para la Universidad de Cartagena utilizando la metodología de Top-Down. Este proyecto, usó conocimientos existentes acerca de creación de diseños de infraestructura de red escalables, teniendo en cuenta el análisis de costo-beneficio para un futuro.

Por otro lado, (González Soto, 2018) propuso un diseño e implementación de una red de VoIP, para la mejora en la prestación de servicio de telefonía en la localidad pequeña; principalmente la implementación del sistema de telefonía de VoIP fue a través de una zona virtual, es decir, en la nube.

Por otra parte, este trabajo propone un sistema VoIP sobre protocolo IPv6, para la Universidad de la Costa, con la finalidad de mejorar el recurso de la comunicación entre departamentos o áreas encontradas en ella.

Adicionalmente, este trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera. Primero, se encontrará el planteamiento del problema describiéndolo junto con la pregunta problema, después se encontrará con la justificación, dónde se explica el por qué se decide realizar esta investigación. Luego, está el objetivo general y los específicos expuestos para este proyecto;

también se evidencia el marco referencial que abarca el estado del arte donde se exponen los estudios anteriores al tema investigado; posteriormente, el marco teórico para aprender más acerca de los conceptos de la investigación; posteriormente está el diseño metodológico que es donde se explica el proceso de la investigación y como se realizó. Finalmente, se presentan los resultados y conclusiones.

1 Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

Con la aparición de los diversos tipos de servicios móviles para IoT (Internet de las Cosas), la cantidad de dispositivos móviles está aumentando rápidamente (Cisco, 2020a). Sin embargo, con el protocolo IP (Internet Protocol) (Postel, 1981), los ISP (Proveedor de servicios de Internet) que usan IPv4 no pueden proporcionar suficientes direcciones IPs (máximo 4,294,967,296) a los dispositivos móviles en constante aumento. IPv4 consta de direcciones IP en el cual no todas se pueden utilizar, sin embargo, la población mundial es de casi ocho mil millones de habitantes en la que se puede decir que el 87% tiene celular y el 35% usa internet y además utilizan varias direcciones IP. Lo mencionado anteriormente, es la principal causa del agotamiento de las IPs, no hay suficientes direcciones IPv4 para enrutar públicamente y proporcionar una dirección distinta para cada dispositivo y se podrá evidenciar en la Figura 1 (Cicileo, 2018 b).

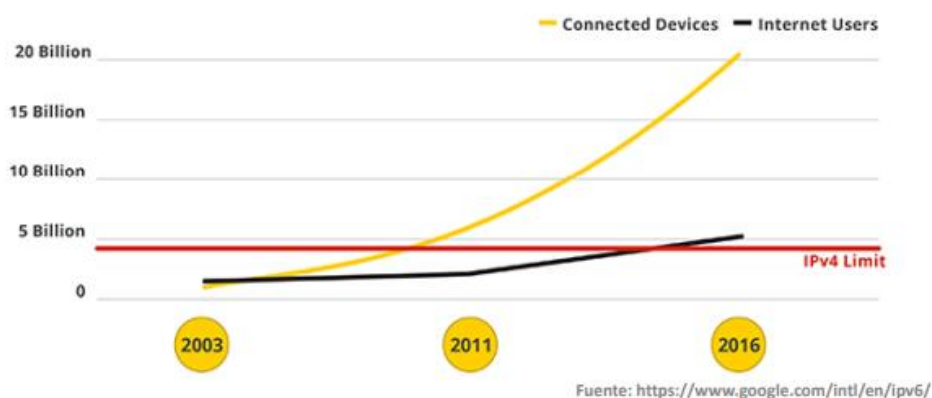


Figura 1. Crecimiento de dispositivos y usuarios. **Fuente:** (Cicileo, 2018 c)

Por lo tanto, para resolver este problema, existe una gran necesidad de adoptar el protocolo IPv6 (RFC-2460) en redes cableadas e inalámbricas. Por otro lado, si se continua con las configuraciones en IPv4, posiblemente se presente problemas en el rendimiento, crecimiento en una red y en la seguridad. Así, resulta oportuno decir que no existe transparencia en la conexión

debido que, se utiliza NAT (Traductor de direcciones de red). Así mismos, los servicios de tiempo real como IPTv (en inglés Internet Protocol Television) y VoIP han tenido un crecimiento exponencial por el aumento de las redes de banda ancha y las reducciones de costes, que han sido tan perturbadores para la transformación del mundo de las telecomunicaciones.

Por otro lado, según (ITU, 2009 b) afirma:

El servicio de VoIP ha sido aceptado generalmente por los proveedores de servicios, consumidores y empresas, dado que es una manera más barata de comunicar porque, en lugar de utilizar líneas terrestres convencionales, las llamadas telefónicas viajan por Internet y los propios operadores ahorran dinero utilizando las redes basadas en el IP

De acuerdo con lo anterior, existe carencia de información técnica, tecnológica y científica que pueda ayudar a las organizaciones de cualquier índole en las propuestas y desarrollos de infraestructuras de telecomunicaciones que logren soportar los servicios convergentes, en especial los servicios de VoIP.

1.2 Pregunta problema

Teniendo en cuenta lo anterior, surgió el siguiente interrogante, ¿Cómo se puede optimizar el diseño de redes de computadoras para mejorar la implementación de las comunicaciones digitales en la Universidad de la Costa, utilizando el servicio de VoIP basado en IPv6?

2 Justificación

El análisis y diseño de un sistema de comunicación VoIP usando el protocolo IPv6 en plataformas de software libre, en su defecto en inglés *open source* para la Universidad de la Costa, permite a la Institución conocer la infraestructura de red de comunicaciones actual, redes de comunicaciones VoIP utilizando la infraestructura actual y el diseño de VoIP con los dispositivos nuevos (Softphone y Teléfono VoIP).

Adicionalmente, aporta a la comunidad de investigadora en el área de redes un insumo que permite dos cosas. La primera, facilitar la implementación de red VoIP en un diseño actual, sin inversión reduciendo costos, debido que con este servicio de VoIP asociado a llamadas telefónicas es capaz de disminuir considerablemente el costo a comparación de la telefonía convencional. La segunda, modernizar y mejorar la comunicación existente, tanto interna como externa en la Institución, porque no es necesario estar en una oficina para estar conectado; VoIP te permite estar conectado con la línea personal desde cualquier lugar, es decir, desde donde se encuentre podrá contestar la llamada y esto ayudará a que el día a día sea más productivo.

De lo anterior, se obtiene información técnica y tecnológica en las telecomunicaciones, que logra facilitar a las organizaciones el diseño e implementación rápida de soluciones que agreguen valor a sus productos y servicios.

3 Objetivos

3.1 General

Analizar y diseñar de un sistema de comunicación basado en VoIP usando el protocolo IPv6 en la Universidad de la Costa

3.2 Objetivos específicos:

- Estudiar las características tecnológicas e implementaciones de VoIP sobre los protocolos IPv4 e IPv6.
- Caracterizar las tecnologías y plataformas en telecomunicaciones en VoIP para proponer un diseño de comunicación organizacional sobre protocolo IPv6.
- Diseñar una infraestructura de red de computadores real que soporte el protocolo IPv6 para la implementación del servicio VoIP.

4 Marco referencial

4.1 Estado del arte

IPv6 (Protocolo IP versión 6) es el protocolo de internet estandarizado inicialmente por IETF (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet) en el año 1994. Así mismo, IPv6 expande el espacio de direcciones de 32 bits a 128 bits con el fin de acomodar más dispositivos. Para mejorar la competitividad nacional, especialmente en el área de TI, muchos gobiernos han estado impulsando a los ISP a implementar el IPv6 en la red heredada.

Por otra parte, es importante destacar el crecimiento exponencial de dispositivos móviles e IoT, recientemente algunos operadores móviles comenzaron a implementar IPv6 en sus redes 3GPP. Por ejemplo,

T-mobile en EE. UU, y SK-Telecom en Corea; desplegaron y lanzaron servicios móviles IPv6 utilizando sus redes LTE. Dado que, las redes móviles tienen características diferentes en comparación con las redes cableadas, la estructura de red resultante con la adopción de IPv6 también sería bastante diversificada. Tal discrepancia da como resultado un rendimiento y características de red diferentes y merece una evaluación cuidadosa. De igual manera, la mayoría de los trabajos de literatura se centraron en evaluar el rendimiento de la red, ya sea en una red LTE basada en IPv4 como o en una red cableada basada en IPv6; debido a que, todavía se encuentra en una etapa temprana de implementación de IPv6 en redes móviles, se ha realizado muy poco trabajo en la evaluación del rendimiento en redes móviles basadas en IPv6 (Hyun et al., 2015).

Por otro lado, la conectividad digital de los dispositivos del Internet de las Cosas (IoT) exige varios requisitos, entre ellos redes de alta velocidad y un gran número de direcciones IP. Según (Malekzadeh, 2019), la evolución a largo plazo (LTE) y las redes 802.11ac de muy alto

rendimiento (VHT) son algunas de las alternativas que pueden cumplir con los requisitos de velocidad. Por lo tanto, para proporcionar un gran número de direcciones IP, además de IPv4, LTE y 802.11ac también soportan IPv6. Sin embargo, aunque la conectividad digital completa no puede ser satisfecha por IPv4 debido a su limitado espacio de direcciones y a la falta de apoyo a la escalabilidad de las aplicaciones de IO, otro problema importante es que los beneficios potenciales de IPv6 para las redes móviles LTE y 802.11ac son completamente ambiguos.

En otro sentido, respecto al rendimiento que tienen algunos sistemas operativos en redes inalámbricas 802.11n en IPv4 e IPv6, usando Windows XP y Windows 7 sobre Gigabit Ethernet, con conexiones tipo Cliente-servidor LAN es investigado. Por otra parte, se evalúa el rendimiento de IPv6 para el TCP sobre Linux y Windows en una red LAN; donde, (Kolahi & Li, 2016 a) compararon el rendimiento de UDP para algunos sistemas operativos en redes de pares que utilizan Gigabit Ethernet.

Así mismo, la comparación de rendimiento de la pila de protocolos IPv4 e IPv6 se llevó a cabo en algunos sistemas operativos, entre ellos Windows 2000 y Solaris. Sus resultados demostraron que IPv4 e IPv6 en Linux superaron a Windows 2000 y Solaris 8 para todas las métricas utilizadas. Además, descubrieron que había una pequeña degradación en rendimiento y tiempo de viaje de ida y vuelta (RTT43) para IPv6 comparado con IPv4 en Windows 2000 y Solaris.

Respecto a IPv6 en diferentes sistemas operativos incluyendo Windows 2003, Red Hat Linux 9.0 y Se investigó FreeBSD 4.9. Su estudio concluyó que el rendimiento de IPv6 era mucho mejor en Red Hat 9 que en Windows Server 2003. Sin embargo, no comparen sus resultados con el IPv4. Los autores investigaron los resultados de rendimiento del TCP y UDP del IPv4 e IPv6 en redes inalámbricas 802.11g cliente-servidor usando los sistemas operativos Windows XP y

Vista y Sistema operativo de la red de servidores 2003. Sus resultados demostraron una vez más que el rendimiento de la red no sólo depende de la versión del protocolo de Internet, sino también de la elección de los sistemas operativos. En términos de rendimiento, IPv4 superó a IPv6 en el cliente de Windows, ambos sistemas operativos utilizados. Los autores realizaron un experimento que comparaba el rendimiento de Windows XP, Windows Vista y Windows Server 2003 en las redes 802.11g. Adicionalmente, autores afirmaron que, en términos de resultados de rendimiento de TCP, Windows XP superó a Windows Vista en aproximadamente un 3% y a Windows Server 2003 en aproximadamente un 5% en la red LAN inalámbrica estudiada. (Kolahi & Li, 2016 b).

Por otro lado, (Chandel & Sharma, 2016) presentó que la IETF describió tres métodos principales de transición de IPv4 a IPv6, a saber, doble pila, túnel y traducción. En consecuencia, Dual-Stack es la capacidad de un dispositivo para admitir simultáneamente IPv4 e IPv6 en la misma interfaz. La investigación presenta que se necesitan requisitos básicos para implementar IPv6. En una capa de enlace de datos, se configurará una interfaz con direcciones IPv4 e IPv6.

En relación con, las capas de protocolo superiores, las aplicaciones pueden usar IPv4 o IPv6 para comunicarse, el mecanismo de transición de doble pila es el enfoque más común y preferido como se indica en RFC 6180. Así, una visión general de las observaciones en el conjunto de la situación real del uso actual de IPv6 Dual-Stack y la comparación de rendimiento con la conectividad IPv4 existente beneficiará a los nuevos implementadores; por lo tanto, los ISPs pueden evaluar las prioridades entre IPv6 e IPv4 en las que cambiarán a IPv6 para reducir la volatilidad de los usuarios de Internet para llegar al mundo de IPv6. En consiguiente, este estudio es útil para los usuarios de Internet para elegir las características de IPv6 en sus aplicaciones o sistemas operativos.

Desde otro punto de vista, con el servicio VoIP se puede lograr la correcta integración entre los servicios de voz que proporcionan las redes análogas, la RTPBC lo cual significa, la Red Telefónica Pública Básica Conmutada, también se encuentran las redes bajo protocolos IPv4 y las de IPv6. Se encuentra necesario definir una arquitectura donde se puedan evidenciar distintos esquemas de direccionamientos y poder afrontar los cambios que se vienen como por ejemplo los de la versión del protocolo IP. Para lograr darle solución a lo anterior, se requiere implementar puertas de enlaces distribuidas, un Dual Stack o Doble pila que permita utilizar las dos versiones del protocolo (Gamboa et al., 2012 a).

Con el objetivo de avanzar para mejorar y ser más eficientes en el ámbito de la conectividad en las redes de computadores; la Universidad de la Costa, ha entrado en la exploración de la implementación de VoIP sobre IPv6, procediendo a migrar en forma gradual de IPv4 a IPv6. La versión del protocolo enrutado IP que se utiliza actualmente y que se utilizó por mucho tiempo, por su gran poder y escalabilidad, fue el protocolo IPv4; pero desafortunadamente IPv4 ha sido insuficiente para todo el desarrollo y crecimiento de aplicaciones de las redes de computadoras que actualmente existen. Así, con IPv6 ayudaría a soportar la actual y futura demanda naciente y creciente. Por lo tanto, IPv6 permitirá direccionar nodos, debido a que ahora la dirección constará de 128 bits, lo cual elimina muchas de las herramientas que se utilizaban en IPv4 para lograr optimizar el espacio de direccionamiento que tenía; y no solamente proporciona esta gran cantidad de host, sino también una mayor seguridad y un aumento de velocidad. Actualmente, en la literatura consultada sobre IPv6, pero no lo suficiente para la migración, debido a que apenas se están interesando en este protocolo y pocos han logrado meterse en el campo, pero gracias a esto LACNIC se encuentra realizando cursos y guías. Por otro lado, no existe suficiente información acerca de cómo lograr implementar el

protocolo IPv6 junto con el servicio de VoIP a una infraestructura de red ya existente, sin tener que crear una infraestructura totalmente nueva o diferente.

5 Marco conceptual

5.1. IPv6

5.1.1. Definición.

IPv6 es la versión 6 de IP, que es diseñado para coexistir junto con IPv4 durante una fase de transición hasta que de forma transparente IPv4 deje de ser usado. IPv6 emplea un espacio de direcciones de 128 bits, lo que resulta aproximadamente 340 sextillones de direcciones, (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2016).

IPv6 utiliza grupos lógicos para indexar direcciones, lo que simplifica enormemente la entrega de paquetes de datos. La configuración automática es otra característica importante de IPv6, puesto que permite que los dispositivos se conecten a la red en un "enchufar y hacer ping" (ping: un protocolo que envía un mensaje a otra computadora y espera un reconocimiento).

A menudo, se utiliza para garantizar que la comunicación se puede establecer entre las dos computadoras (Plug-and-Play), reduciendo los gastos generales de administración. La configuración automática se vuelve aún más importante cuando se considera la movilidad de muchos de los dispositivos conectados a Internet (por ejemplo, teléfonos móviles).

En IPv6, el uso de la seguridad, basado en el Protocolo de seguridad IP (IPSec) es obligatorio. El potente cifrado de IPSec que proporciona integridad del mensaje. Puede garantizar una autenticación precisa (es decir, que los paquetes realmente se originaron en el sitio especificado) y la no repudio, evitando que los remitentes luego afirmen que no enviaron el paquete. Esta seguridad integrada hace que las transacciones por Internet sean más seguras que nunca, lo que refuerza la confianza que se requiere en un entorno de red.

IPv6 proporciona información completa sobre la Calidad de Servicio (QoS), que es esencial cuando se trata de datos que deben entregarse de manera oportuna, por ejemplo, para aplicaciones multimedia en tiempo real.

Finalmente, IPv6 agrega “anycast” a los tipos existentes de comunicación disponible y desaparece el broadcast; es decir, unicast, anycast y multicast. Así, un paquete enviado a una dirección de difusión ilimitada se entrega al nodo más cercano. Si el nodo más cercano no está disponible, el paquete se entrega al siguiente nodo más cercano y así sucesivamente. “unicast” es un tipo de comunicación uno a uno (p. Ej., Entrega de una página web o video a pedido), mientras que “multicast” es uno a muchos (es decir, la fuente envía los mismos datos una vez y entregado a múltiples destinos). El 1/256 de las direcciones IPv6 disponibles son direcciones de multidifusión. (Papagiannidis et al., 2006).

Por último, es importante destacar que muchas aplicaciones utilizan la multidifusión: por ejemplo, se puede usar para actualizar copias de archivos o bases de datos replicados, enviar paquetes de voz, video o datos a todos los miembros de una conferencia mediada por computadora o difundir resultados intermedios a todos los participantes en un cómputo distribuido.

5.1.2. Modelos de dirección.

Intentar diseñar el direccionamiento IPv6 basado en una dirección IPv4 existente, no es el enfoque preferido. Por el contrario, el modelo de direccionamiento utilizado debe tener que basarse en la estructura de la red o de la propia organización. Lo anterior requiere un diseño que asigne a las unidades organizativas fundamentales prefijos de red IPv6 de tamaño uniforme (Pickard & Patrick, 2015 a).

5.1.3. Direccionamiento de host.

IPv6 utiliza tres métodos principales para la asignación de direcciones de host: direccionamiento estático manual, Protocolo de configuración dinámica de host (DHCP) y Autoconfiguración de direcciones sin estado (SLAAC). Si bien el direccionamiento manual estático y DHCP son una transferencia de IPv4, SLAAC es exclusivo de IPv6. Con SLAAC, los hosts de enlace recibirán su prefijo de red IPv6, además de otra información opcional, como la puerta de enlace predeterminada y la dirección del servidor DNS directamente desde los enrutadores de enlace a través de anuncios de enrutado. Las direcciones estáticas suelen ser adecuadas para dispositivos como enrutadores, servidores, impresoras e interfaces de administración de red. El direccionamiento SLAAC puede ser apropiado en algunas aplicaciones, a menos que sea necesario un mecanismo de autenticación o un registro de las asignaciones de direcciones de host. En esos casos, DHCPv6 sería lo más apropiado (Pickard & Patrick, 2015 b).

5.1.4. Directrices del plan de direcciones IPv6.

La inmensidad del espacio de direcciones IPv6 hace que la práctica común de conservación de direcciones de host en los planes de direcciones IPv4 sea realmente obsoleta. Por lo tanto, IPv6 requiere nuevos métodos de división en subredes que faciliten la planificación y efectividad de la dirección IPv6. Las mejores prácticas de resumen se emplean para reducir el número de entradas en la tabla de rutas, disminuir la sobrecarga administrativa, mejorar el rendimiento operativo y simplificar las políticas de seguridad (Pickard & Patrick, 2015 c).

5.2. Tráfico de red

5.2.1. Direccionamiento IPv6.

La red IPv6 (global) y una red 6LoWPAN hay un enrutador de borde que suele comprimir el encabezado IPv6. Por otra parte, los 128 bits de la dirección IPv6 normalmente se dividen en 2 partes que son: la primera parte es el prefijo de red lo cual cuenta con 64 bits y la dirección de nodo que lleva los otros 64 bits. El método de compresión de encabezado 6LoWPAN omite los bits de prefijo de red, debido que están fijos para una red 6LoWPAN ya dada.

Puesto que, los otros 64 bits se pueden direccionar a un espacio de direcciones muy grande, 6LoWPAN proporciona opciones para comprimir la dirección del nodo (comúnmente usado es 16 bits). Es similar a IPv4, hay dos formas de configurar las direcciones: dinámica o estática (Peres & Goussevskaia, 2015 a).

5.2.2. Almacenamiento de datos de tráfico.

Para el seguimiento de IPv6, si almacenamos el encabezado IP (40 bytes) y el encabezado de transporte (20 bytes para TCP u 8 bytes para UDP), junto con una marca de tiempo de 4 bytes, el tamaño de registro para TCP es 64 bytes y 52 bytes para UDP. El objetivo es comprimir los datos de tráfico sin comprometer el contenido de la información de la traza. Primero, se explorará el encabezado IP y el encabezado TCP del rastreo IPv6. El formato de encabezado IPv6, el formato de encabezado TCP y el formato de encabezado UDP que se definen en RFC 2460, RFC 793 y RFC 768. En segundo lugar, se encuentra que los paquetes pertenecen al mismo flujo y comparten información común.

Por lo tanto, se puede comprimir el tamaño del rastreo guardando la información común en el registro de flujo y guardando la información específica del paquete en el registro del paquete.

Y, en tercer lugar, para valores largos se puede usar el valor base más el valor de compensación para reducir los bits necesarios en la traza (Peres & Goussevskaya, 2015 b).

5.3. IPv4

5.3.1. Definición.

Es el Protocolo de Internet cuarta versión que es el primero en ser implementada a gran escala y es el elemento común de la internet que se vive hoy. Es el protocolo actual y más popular de red (Gálvez Soto, 2012 a).

5.3.2. Características.

Según (Gálvez Soto, 2012 b) IPv4 tiene varias características las cuales son:

- Se ubica en la capa 3 del modelo ISO/OSI.
- Entrega paquetes desde un nodo origen a uno destino, basándose en la dirección escrita en cada paquete.
- Principal protagonista del desarrollo y expansión del internet en los últimos años.
- Tiene espacio de direcciones 32 bits, agrupados en cuatro octetos de ocho bits.
- Es un protocolo que se ha aproximado a su agotamiento de direcciones.

5.3.3. Ventajas de IPv6 sobre IPv4.

El autor (Su et al., 2019) propone algunas ventajas que posee IPv6 sobre IPv4 que son:

- Tiene espacio de direcciones más grande y es de 128 bits.
- No es posible el escaneo de direcciones mediante enfoques nativos de fuerza bruta.
- Es casi imposible recopilar todas las direcciones activas en internet.
- Los administradores de red pueden usar valores impredecibles para asignar estas direcciones.

5.4. Transmisión de voz sobre IP

5.4.1. Definición.

VoIP es un método que se utiliza para realizar llamadas telefónicas a través de conexiones a internet. Tiene distintos nombres como: Telefonía por internet, Telefonía IP y llamadas por internet. Por otra parte, (Gamboa et al., 2012 b) confirma que:

Para transportar voz sobre IP, la señal analógica de la voz se muestrea, se cuantifica y se codifica, para convertirla en paquetes de datos que forman un datagrama IP; en el nodo de destino se realiza el procedimiento inverso. Para la transmisión de voz, uno de los primeros protocolos usados es el estándar de la ITU H-323, que cubre la mayor parte de los mecanismos necesarios para la integración de la voz. El VoIP/H323 tiene como objetivo primordial facilitar y asegurar la interoperabilidad entre equipos de diversos fabricantes, establece los aspectos como supresión de silencios, compresión, direccionamiento y establecimiento de elementos que permiten la interconectividad con la red telefónica conmutada (RTC) tradicional.

5.5. Migración de voz a IPv6

5.5.1. Definición.

Para lograr la migración de redes convencionales de voz al actual (IPv6), se debe describir la tecnología de señalización de voz sobre IP; por lo cual, la más utilizada es el Protocolo de iniciación de sesión (SIP), definido en el RFC 3261 de la IETF (Gamboa et al., 2012 c)

5.5.2. Protocolo SIP.

El autor (Gamboa et al., 2012 d) define que Protocolo de Inicio de Sesiones (SIP) se concentra en establecer, modificar y terminar sesiones y logra complementarse, entre otros con el SDP, el cual permite describir el contenido multimedia de la sesión, es decir que direcciones IP, puertos y códecs pueden usarse durante la comunicación. Por otro lado, logra relacionarse directamente

con el protocolo RPT, el cual es el verdadero portador del contenido de voz y videos que intercambian los participantes en una sesión establecida por SIP.

Para que la transición a IPv6 sea exitosa, por medio del protocolo SIP es una solución completa, sin embargo, debe lograr soportarse tanto en la capa de señalización como en la capa de sesión. Aunque SIP puede manejar redes heterogéneas IPv6/IPv4 en la capa de señalización, siempre que los servidores proxy y el Sistema de Nombres de Dominio (DNS) sean configurados correctamente, los agentes de usuario con diferentes redes y la dirección que usen diferentes redes y espacios de direcciones deben implementar las extensiones para el intercambio de voz entre ellos.

5.6. Calidad de servicio

En inglés llamado Quality of Service (QoS), se caracteriza por la capacidad que posee una red para lograr sostener un comportamiento adecuado del tráfico que transita por medio de ella, logrando así diversos niveles de servicios a los distintos tipos de tráfico existentes (Cabrera Sanmartín, 2012 a).

Por otra parte, en IPv6 según (Cabrera Sanmartín, 2012 b) la calidad de una red puede ser implementada a través del campo determinado Tipo de servicios (ToS – Type of Service), que tiene como función de especificar parámetros de prioridad, retardo, rendimiento y fiabilidad, los cuales son necesarios y requeridos para un nivel de servicio a prestar.

En ocasiones, pueden que se presenten problemas en la calidad y es porque se pueden presentar alguno de los siguientes factores:

1. Internet: es un factor realmente influyente, debido que es un sistema basado en conmutación de paquetes, lo cual se puede decir que los paquetes no viajan siempre por el mismo camino y puede que se presente la pérdida de paquetes.

2. Las comunicaciones que son de VoIP son comunicaciones en tiempo real, lo cual se puede presentar eco, latencia e inclusive pérdida de paquetes.

Un ejemplo claro de estos factores es cuando se realizan llamadas a través de la aplicación Skype si no se tiene un internet estable puede que el mensaje que se quiera entregar sea incompleto y el receptor no entienda a su perfección. Por la parte de eco se escuche lo que se quieres decir al mismo tiempo que se habla y comienza a generarse ruido.

5.7. Parámetros que miden la calidad de servicio

Como bien se sabe, siempre hay unos elementos que hacen que un servicio sea el adecuado y que pueden tener un impacto en la calidad del servicio que es utilizado por los usuarios finales. Por lo tanto, se deben analizar su influencia. La autora (Cabrera Sanmartín, 2012 c) comparte los siguientes elementos:

5.7.1. Caudal o Tasa de transferencia efectiva.

Es la medida de volumen de información que fluye a través de un sistema. Este elemento puede describir la capacidad que tiene un sistema para la realización de transferencia de datos. Es sinónimo de consumo de ancho de banda digital.

5.7.2. Retardos (Delay).

Es la cantidad de tiempo que se puede tomar en transmitir un paquete de un punto de la red a otro, el cual puede ser afectado por factores como el enrutamiento, encolamiento, propagación y serialización.

5.7.2.1. *Owd – One Way Delay.*

Es el tiempo que le puede tomar a un paquete alcanzar a su destinatario. Es considerado propiedad del enlace o camino de la red.

5.7.2.2. *RTT – Round Trip Time Delay.*

Es el tiempo total que le puede tomar a un paquete enviado desde un nodo, es decir nodo A su destino nodo B y enviar su respuesta.

5.7.3. Variación del retardo (Jitter).

Es la variación del retardo en el tiempo entre paquetes consecutivos que forman parte del mismo flujo. Es posible medirlo desde distintas técnicas, alguna de ellas es: la desviación típica, máximo o mínimos y la media.

5.8. Normas internacionales sobre Cableado Estructurado

A la hora de formar una infraestructura, instalación o proyecto que se maneje cableado, se debe tener en cuenta en una serie de normas estipuladas por varios organismos como lo es American National Standards Institute (ANSI), International Standards Organization (ISO), Electronic Industries Alliance (EIA), Telecommunications Industry Association (TIA) e Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica (IEEE).

A continuación, se expondrá las normas según el autor (Unitel, 2017).

- ANSI/TIA/EIA-568-B

Cableado de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales.

Cómo instalar el Cableado: TIA/EIA 568-B1

Requerimientos generales; TIA/EIA 568-B2

Componentes de cableado mediante par trenzado balanceado; TIA/EIA 568-B3 Componentes de cableado, Fibra óptica.

- ANSI/TIA/EIA-569-A

Normas de Recorridos y Espacios de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales sobre cómo enrutar el cableado.

- ANSI/TIA/EIA-570-A

Normas de Infraestructura Residencial de Telecomunicaciones.

- ANSI/TIA/EIA-606-A

Normas de Administración de Infraestructura de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales.

- ANSI/TIA/EIA-607

Requerimientos para instalaciones de sistemas de puesta a tierra de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales.

- ANSI/TIA/EIA-758

Norma Cliente-Propietario de cableado de Planta Externa de Telecomunicaciones.

Ahora, se presenta algunas consideraciones acerca del cableado estructurado siguiendo con el autor mencionado.

Para el cableado horizontal que va desde el armario de telecomunicaciones a la toma de usuario, se tiene en cuenta lo siguiente:

No se permiten puentes, derivaciones o empalmes a lo largo de todo el trayecto del cableado.

Se debe considerar su proximidad con el cableado eléctrico que genera altos niveles de interferencia electromagnética (motores, elevadores, transformadores etc.) y cuyas limitaciones se encuentran en el estándar ANSI/EIA/TIA 569.

La máxima longitud permitida independientemente del tipo de medio de TX utilizado es 100 metros = 90 m + 3m usuario + 7m Patchpanel.

Por otro lado, está el cableado vertical que es la interconexión entre los armarios de telecomunicaciones, cuarto de equipos y entrada de servicios, se tiene en cuenta lo siguiente:

Se utiliza un cableado multipar UTP y STP. También Fibra Óptica multimodo y monomodo.

La distancia máxima sobre voz es de UTP 800 metros, STP 700 metros, Fibra MM 62.5/125um 200 metros.

5.9. Estándares internacionales para el diseño de infraestructuras

En este apartado se mostrará los estándares creados para las infraestructuras, debido que es muy importante porque es donde se alojan los equipos y el centro de datos; por lo tanto, se debe determinar buenas condiciones físicas y ambientales.

Existen diferentes organizaciones que promueven los estándares de diseño de data centers e infraestructura, por ejemplo, Uptime Institute, BICSI, EIA, entre otros.

Según el autor (MTnet, 2017) algunos de los estándares principales son:

- El Uptime Institute y su estándar Tier

Nace de la preocupación de un grupo de expertos, dueños y diseñadores de data centers de tener políticas de desempeño que hicieran que su inversión tuviera valor. El “Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology”, determina 4 niveles o Tiers basándose en la sustentabilidad de operación que la infraestructura del centro de datos debe de cumplir.

- El estándar ANSI/BICSI 002-2014

Su objetivo es proporcionar requisitos, directrices y mejores prácticas aplicables a cualquier centro de datos. Cubre aspectos generales de planeación diseño y construcción, protección y mantenimiento, clasifica los data centers por clases y ofrece certificaciones.

- Estándar ANSI/TIA 942-A 2014

El TIA ha establecido también, su propio estándar con respecto a la planeación y operación de los centros de datos con un sistema de calificación de acuerdo con el nivel de confiabilidad de los centros de datos.

5.10. Buenas prácticas TI

En este apartado, se dará a conocer algunos estándares que ayudan a tener buenas prácticas de TI. Se encuentra ISO, COBIT e ITIL que son estándares internacionales más utilizados.

El autor (Tech-Blog, 2018) afirma que ISO son estándares y normas diseñados para ser aplicadas en el desarrollo de productos y servicios que deben usar las empresas para mejorar su eficiencia y rentabilidad económica. Las normas ISO más destacadas son: Calidad (ISO 9000), Seguridad y Salud (ISO 22000), Gestión del Riesgo (ISO 31000), I+D+i (ISO 16000), Responsabilidad Social (ISO 26000), etc.

Por otro lado, está COBIT, que son un conjunto de herramientas orientadas a garantizar el control y seguimiento de gobernabilidad de los sistemas de información a largo plazo a través de auditorías.

Dominios y procesos: COBIT está estructurado según 34 procesos agrupados en estos 4 dominios:

- Planificación y organización: Busca cómo hacer el mejor uso de las tecnologías para que la empresa logre sus objetivos.
- Adquisición e Implementación: Define, adquiere, ajusta e implementa las tecnologías necesarias en línea con los procesos de negocios de la empresa
- Entrega y soporte: Garantiza la efectividad y eficiencia de los sistemas tecnológicos en acción.
- Monitoreo: Vigila que la solución implementada corresponda a las necesidades de la empresa desde una perspectiva estratégica.

Por último, se encuentra ITIL que es una colección de mejores prácticas para la administración efectiva de los Sistemas de Información (SI).

La edición más reciente de ITIL se publicó el año 2011 y adoptó el nombre de ITIL V3. Esta versión se concentra en el ciclo de vida de un sistema centrado en la red y que luego abarcará la integración de TI con la alineación de TI ya que se busca una medición que vaya orientada al valor. EL ITIL V3 consta de 6 libros:

- Introducción a la Gestión de Servicio
- Estrategia de Servicio
- Diseño de Servicio
- Servicio de Transición (Gestión del Cambio)
- Operación de Servicio
- Servicio continuo (Mejora Continua de Servicios)

6 Diseño de la solución

6.1 Diseño metodológico

Por cada objetivo específico se plantearon unas actividades, que se describen de manera breve a continuación en la tabla 1:

Tabla 1.

Actividades para desarrollar

Objetivo	Actividades	Productos
1. Estudiar las características tecnológicas e implementaciones de VoIP sobre los protocolos IPv4 e IPv6.	1.1 Indagación sobre los protocolos IPv4 e IPv6.	Borrador con la
	1.2 Análisis la información encontrada y resolución de dudas.	información recopilada, posteriormente se realiza
	1.3 Elaboración marco teórico y estado del arte con la información obtenida.	marco teórico y estado del arte.
	1.4 Elaboración de la propuesta.	Se presenta en un documento estructurado la propuesta.
	1.5 Presentación de la propuesta.	
2. Caracterizar las tecnologías y plataformas en telecomunicaciones en VoIP para proponer un diseño de comunicación organizacional sobre protocolo IPv6.	2.1 Recolección de información sobre plataformas.	Se presentan las características, ventajas y desventajas de cada una de las
	2.2 Análisis y discusión de la información.	plataformas, mediante el modelo TCP/IP.

2.3 Elaboración de la metodología

3. Diseñar una infraestructura de red de computadores real que soporte el protocolo IPv6 para la implementación del servicio VoIP.

3.1 Recolección de

información sobre las herramientas requeridas para el diseño.

Se realiza el diseño de red con servicio VoIP, reutilizando la infraestructura de telecomunicaciones de la Institución

3.2 Obtención de las herramientas necesarias para la implementación.

3.3 Presentación de la infraestructura prediseñada.

Se describe las actividades que se realizaron para cada uno de los objetivos planteados. Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente, se estudiaron las características técnicas y tecnológicas de los protocolos IPv4 e IPv6. Por lo tanto, se hizo un estudio de la literatura actual, tomando como una entre varias fuentes “Enfoque comparativo entre IPv4 e IPv6 de la QoS en Redes Inalámbricas” (Gálvez Soto, 2012 c), que permitió saber las características de los protocolos mencionados anteriormente; también, los mecanismos indicados para realizar la correcta transición a IPv6, los variados modelos de servicios y herramientas de calidad de servicio. Por otro lado, también se encuentra LACNIC, pues es la encargada de llevar los registros de direcciones de Internet de América Latina y Caribe; esta organización realiza cursos virtuales sobre los protocolos mencionados, los cuales se logró recolectar la mayor información necesaria para el aprendizaje. Adicionalmente, otra fuente como MINTIC expuso guías y distintas informaciones para las empresas que quieran saber sobre el tema.

Todo lo anterior, adicionó profundidad en el conocimiento de cómo funciona cada protocolo mencionado. También, nos permitió elaborar un marco teórico y el estado del arte, relacionado con la problemática que es objeto de estudio de la propuesta de investigación.

Luego, se caracterizaron las tecnologías y plataformas en telecomunicaciones en VoIP para proponer un diseño de comunicación organizacional sobre protocolo IPv6”, por lo que se realizó una recolección de información de las plataformas existentes que ayudó a la comunicación por VoIP centrándose en la más utilizada como lo es Asterisk (Meggelen et al., 2007 a).

Por último, se realizó el diseño de una infraestructura de red de computadores que soporte la implementación del servicio VoIP, sobre los protocolos IPv4 e IPv6, por lo tanto, se hicieron dos diseños de red, el primer diseño propuesto es incorporar el servicio de VoIP basado en la infraestructura actual de la Institución, y la segunda propuesta es adicionar elementos en cada nivel de red propios para el servicio de VoIP.

6.1.1. Tipo de Investigación y alcance.

Este trabajo se enmarca en la tipología de investigación cualitativa - descriptiva, debido a que evalúa el rendimiento de los protocolos de red IPv4 e IPv6 para el servicio de VoIP; lo que permite recopilar, y analizar información numérica del comportamiento del servicio de VoIP en los protocolos mencionados.

Por otro lado, esta investigación tiene un alcance exploratorio, puesto que se investigan temas poco estudiados o implementados, en este caso la implementación de servicios VoIP sobre IPv6 en la Universidad de la Costa, lo cual aún no cuenta con esta herramienta. Se puede indagar, analizar y verificar para que pueda llegar a ser una perspectiva innovadora para ellos.

6.1.2. Área de estudio.

El proyecto de investigación se desarrolló para la Universidad de la Costa, ubicada en la ciudad de Barranquilla. En este fue posible realizar la infraestructura de red de computadores real que logre soportar el servicio VoIP a través del protocolo IPv6.

6.2 Estudio de las plataformas de código abierto utilizadas para ofrecer servicio VoIP

Todas las plataformas de comunicación que están basadas en VoIP, ya sea versión IPv4 o IPv6; y están asociadas al modelo de arquitectura por capas TCP/IP (Ver Tabla 2). Por consiguiente, a continuación, se presentan las plataformas de Servicio VoIP más comunes encontradas; que son, Asterisk, Gnu Bayonne, FreeSwitch, Elastix, Open PBX de Voicetronix, OpenSips), y se describe una a una, mostrando sus elementos, teniendo cada capa del modelo TCP/IP.

Tabla 2.

Capas del modelo TCP/IP

Capas
Aplicación
Transporte
Red
Física

Se muestran las capas que componen el modelo TCP/IP. Fuente: (Robledano, 2019)

6.2.1. Capa Física.

a. Asterisk: Para lograr tener un excelente hardware y Asterisk pueda funcionar, se requiere considerar cuidadosamente el diseño y la funcionalidad que realmente necesita soportar. Por lo tanto, se afirma que una plataforma basada en x86 funcionaría bien (Meggelen et al., 2007 b).

b. Gnu Bayonne: Esta plataforma es caracterizada por su éxito con la tarjeta de procesamiento de voz de tramo analógico y digital de marca Intel. Para ello, puede colocarse en un servidor;

también puede usarse directo y de manera libre. Por otra parte, cuando se requiera utilizar diversas tarjetas, se deben de interconectar cables llamados sc-bus a las tarjetas. Además, ofrece distintos hardware como: Voicetronix, Quicknet, Aculab, Intel/Dialogic (Sugar, 2003).

c. FreeSwitch: Esta plataforma soporta hardware como: DAHDI, Khomp, Rhino, Sangoma, Pika, Xorcom (Wes, 2020).

d. Elastix: Como esta plataforma está basada en Asterisk, puede soportar la mayor parte de hardware existente incluyendo controladores. Puede funcionar en Intel x86 de 32 y 64 bits y ARM.

e. Open PBX de Voicetronix: El hardware de esta plataforma es completamente compatible con Voicetronix, lo cual provee dos tarjetas de telefonía: una analógica de múltiples puertos Loop Start (FXO) y Station (FXS) y la otra es digital que contiene puerto dual, cuádruple y octal (Voicetronix, 2017).

f. OpenSips: No tiene hardware específico, todo depende de lo que se requiera realizar y las funciones a implementar (OpenSips, 2016).

6.2.2. Capa de Red.

En este ítem, se muestra las plataformas que siguen con protocolo IPv4 y las que ya están migradas en ambos protocolos (IPv4 e IPv6), ver tabla 3.

Tabla 3.*Plataformas con versiones en IPv4 y en IPv6*

<i>Plataformas</i>	<i>IPv4</i>	<i>IPv6</i>
<i>Asterisk</i>	X	Desde versión 12
<i>Gnu Bayonne</i>	X	-
<i>FreeSwitch</i>	X	X
<i>Elastix</i>	X	X
<i>Open PBX de Voicetronix</i>	X	-
<i>Open Sips</i>	X	En migración algunas versiones

Se muestran las distintas plataformas de código abiertos con sus versiones actuales. Fuente: Elaboración propia.

6.2.3. Capa de Transporte.

En este apartado, las plataformas como Asterisk, Elastix, Gnu-Bayonne, Open Pbx, entre otras; utilizan el mismo protocolo conocido como UDP, donde se encuentra encapsulado todos los protocolos utilizados para VoIP, juegos, sistemas de televisión y todo en tiempo real.

El protocolo de datagramas de usuario (en inglés User Datagram Protocol) este protocolo está orientado a la no conexión, no tiene tanta fiabilidad, sin embargo, tiene una ventaja, que hace transferencia rápida de información una vez se haya detectado una conexión (Alonzo Berruecos et al., 2015 a).

Este protocolo se caracteriza por varios elementos según (Alonzo Berruecos et al., 2015 b) los cuales son: es rápido, no reenvía paquetes perdidos, no suele ser tan seguro, su encabezado utiliza poca información, entre otros elementos.

Por otra parte, está el encabezado de este protocolo, el cual se muestra en la Figura 2 y su respectiva descripción de cada cabezal.

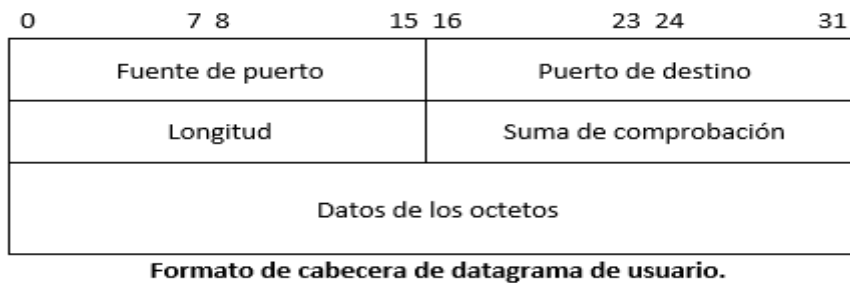


Figura 2. Formato de encabezado protocolo UDP. *Fuente:* (Postel, 1980 a)

La descripción expresada por (Postel, 1980 b) establecido por RCF 768 es la siguiente:

- **Fuente de puerto:** Es un campo opcional, sin embargo, en ocasiones puede ser significativo lo cual indica el puerto del proceso del envío y también es el puerto al que debe llegar una respuesta en ausencia de cualquier información. En caso de no ser utilizado, su valor será de cero.
- **Puerto de destino:** Tendrá la dirección del destinatario de internet.
- **Longitud:** Está basado en octetos, por consiguiente, el valor mínimo del tamaño es de 8.
- **Suma de comprobación:** Es el complemento a uno de los 16 bits de la suma del complemento a uno de los pseudo encabezado de la información del encabezado IP, que al final son rellenos con cero octetos, siempre y cuando sea necesario para hacer múltiplos de dos octetos.

Además, cuando se necesita conectar dos usuarios a través de llamadas se requiere un proceso interno llamado encapsulación de tramas, el cual viajará por medio del protocolo IP, esto es posible cuando se ha logrado la conexión exitosamente. Las señales análogas se convierten en señales digitales y luego son encapsuladas por el protocolo de transporte en tiempo real (RTP) y posteriormente es encapsulado en el protocolo UDP (Martinez, 2015 a).

A continuación, en la Figura 3 se evidenciará como se encuentran encapsulados los protocolos.

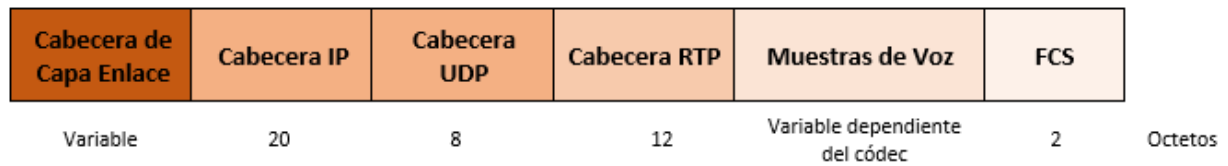


Figura 3. Encapsulación de protocolos UDP y RTP. *Fuente:* (Martinez, 2015)

Ahora, (Martinez, 2015 b) explica la siguiente de la estructura de la trama:

FCS: Este campo es encargado de la detección de errores que se pueda producir en la transmisión, se constituye por 2 octetos.

Muestra de voz: Aquí se encuentran paquete digitalizados que se agrupan de forma variables y son dependientes de los códec.

Cabecera RTP: Consta de 12 octeto.

Cabecera UDP: Consta de 8 octetos.

Cabecera IP: Protocolo de internet LAN y WAN

Cabecera de capa de enlace: Es el responsable que los archivos lleguen con facilidad dentro de la red de datos y longitud variable.

6.2.4. Capa de aplicación.

Esta capa contiene 2 niveles:

El primer nivel se une con el sistema operativo y es llamado Códec y el segundo nivel es del lado del usuario y es llamado Softphone.

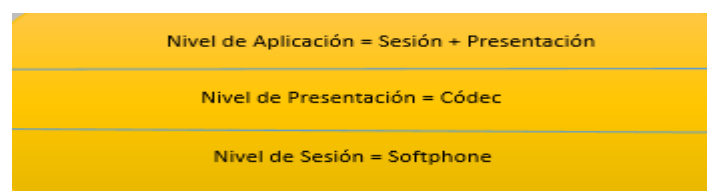


Figura 4. Niveles de la capa de aplicación. *Fuente:* Elaboración propia.

Ahora, hay dos tipos de códec (audio y video), en este caso, se define el códec de audio que es el perteneciente a VoIP.

Según (EcuRed, 2015) códec es un término derivado de las palabras COding y DECoding, lo cual es un conjunto de algoritmos que permite reducir cantidades de bits que puede poseer un fichero, así realizando codificación y decodificación de los datos. También, funciona para comprimir señales con flujo de datos como Stream, es decir, buscando el objetivo de ocupar menor espacio sin perder su buena calidad. Es implementable en software, hardware e inclusive combinación de ambos.

Asimismo, como se habla de un sistema VoIP, las plataformas mencionadas anteriormente utilizan los siguientes códec más comunes:

- **G.711:** El autor (iNPHONEX, 2012) lo describe como:

Es estandarizado por ITU-T para audio compuesto.

El estándar fue liberado para su uso en 1972.

Representa la modulación de códigos de pulsos comprimidos de 8 bit (PCM), muestras para señales de frecuencias de voz, grabadas a una velocidad de 8000 muestras/segundo.

Tiene dos versiones: la mu-law que es usada en América del Norte y Japón y a-law que es implementada en Europa y el resto del mundo.

- **G.722:** La autora (Martinez, 2015) lo describe como:

Codificador de audio de 7kHz y 64 Kbps.

Creado por la ITU-T en 1988.

Puede operar con G.721 y G.725 para control y establecimiento de conexión.

Es de la técnica SB-ADPCM (Subband Adaptive Differential PCM).

- **G.723:** El autor (Matango, 2016 a) lo define como:

Es un estándar ITU-T, no es gratuito, contiene licencias cerradas.

Ofrece un funcionamiento aceptable con respecto al ancho de banda, consumo y calidad.

Desventajas a la hora de utilizar en Asterisk, puesto que, no se aprovecharía todo lo que esta plataforma podría brindar.

- **G.726**

- : El autor (Matango, 2016 b) lo caracteriza como:

Proviene de la telefonía convencional.

El consumo del ancho de banda es superior, es de 32 kbit/s.

Es una mejora para los troncales de telefonía ofrecido por parte de los operadores.

- **G.729:** El autor (López Chalacán, 2011) lo explica como:

Es un estándar de la ITU-T.

Codifica la voz a 8 Kbps utilizando CS-ACELP (predicción lineal de código algebraico excitado en estructura conjugada).

Posee una frecuencia de muestreo de 8KHz.

Tiene calificación MOS de 4.0.

Ahora, el autor (Orade, 2015) lo describe los siguientes códecs como:

- **GSM**

Tiene 13 Kbps.

Alta relación de compresión.

Disponible para muchas plataformas de hardware y software.

Es gratis.

Ofrece MOS de 3.7.

- **iLBC:**

Posee 15 Kbps.

Low Bit Rate Codec.

Es adquirido por Google.

Robusto para la pérdida de paquetes.

Es utilizada especialmente para las plataformas de código abierto.

- **Speex**

Entre 2.15 y 44 Kbps.

Códec preferido, debido que, puede utilizarse en muchas plataformas de VoIP.

Minimiza el uso del ancho de banda al usar velocidad de bits variables.

- **Silk**

Es desarrollado por Skype.

Es licenciado.

Es base para el códec más nuevo llamado Opus.

Tiene entre 6 a 40 Kbps.

- **Opus**

Su ancho de banda va de 6 a 10 Kbps.

Es totalmente abierto, libre de regalías y altamente versátil.

Es estandarizado por el IETF (Grupo de trabajo de Ingeniería de Internet) como RFC 6716.

A continuación, el turno es para el segundo nivel llamado Softphone, en donde (Central IP, 2019 a) lo define como:

“Un Softphone es un software que se ejecuta en una computadora de escritorio, tableta o teléfono inteligente y le permite hacer llamadas a través de Internet, utilizando un servicio telefónico VoIP.”

De lo anterior, con un Softphone ya no es necesario tener un teléfono físico, sólo basta con tener un computador o celular con auricular o micrófono y altavoces. Por otro lado, permite realizar y recibir llamadas internas y externas, también se puede agregar extensiones o contactos desde la misma pantalla.

El Softphone cuenta con ciertas ventajas frente a los teléfonos físicos, así lo describe el autor (Central IP, 2019 b):

No tienen costo de hardware adicionales para teléfonos de escritorio.

Todas las opciones de flexibilidad y gestión de llamadas que ofrecen los servicios típicos de VoIP.

La opción de convertir los teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles en herramienta de comunicación de nivel empresarial, en donde se puede usar fuera de la oficina y en movimiento.

Ahora, este autor también ofrece unas alternativas de Softphone que pueden ser implementado en las empresas y se han caracterizado por ser unos de los mejores entre los existentes actualmente en el mercado.

1. Softphone Pro

Diseñado para sistema operativo Windows (7, 8, 8.1, 10) y MacOS (10.10).

Trabaja con cualquier proveedor SIP, sin importar donde se encuentre la central, ya sea en almacenamiento nube o físico.

Se puede acceder a reportes en línea, grabaciones de llamadas, detalles de llamada, gráficas y asimismo reproducir las conversaciones cuando se desee.

Requiere de 100 MB de almacenamiento en disco.

2. Softphone Bria

Realiza llamadas de voz HD y video de 1080p sobre IP utilizando códecs H.264 y VP8.

Envía y recibe mensajes instantáneos, comparte archivos, videos e imágenes.

Crea y nombra salas de chat públicas o privadas para agilizar las conversaciones.

Accede a un panel completo de historial de llamadas, con acceso a detalles de llamadas y grabaciones.

3. Softphone Zoiper

Se debe contar con una excelente conexión a internet y auriculares específicos para lograr una comunicación con audio de calidad.

Utiliza códec G.729

Es la multiplataforma más conocida y utilizada.

6.2.5. Caracterización de tecnologías y plataformas en telecomunicaciones VoIP.

En este apartado, se expondrá las distintas tecnologías escogidas que podrán ser de gran ayuda al momento de la toma de decisiones para la implementación del servicio VoIP en la Universidad de la Costa.

Esta tecnología es marca Sangoma Technologies, el cual es líder confiable en comunicaciones unificadas que logra brindar una solución de telefonía escalable a nivel mundial y trabajan junto con la reconocida empresa Asterisk y son centralitas telefónicas completas con hardware instalado. El autor (Avanzada7, 2019) los describe de la siguiente manera:

6.2.5.1. Sangoma PBXact UC5000 - 5000 user / 1500 calls.

Definición de la marca: Es una centralita creada para las grandes empresas y contact centers, en donde necesitan integrar sin problemas teléfonos IP, troncales VoIP, conectividad PSTN de una manera paralela y así lograr mejorar la productividad de sus empleados.

Módulos: Informes de grabación de llamadas, clase de servicio, fax pro, park pro, page pro, conference pro, enrutamiento de extensión, sysadmin pro, notificación de correo de voz, informes de correo de voz y xmpp pro.

Características: Cuenta con asistencia de instalación rápida, panel de control de usuario para administración personal, también cuenta con integración Zulu UC, integración con teléfonos de marca Sangoma, SIP trunk e integración PSTN. Por otro lado, cuenta con consola web GUI SSH, movilidad e integración CRM, tiene 6 slots PCI Express para tarjetas con PSTN, puertos de gestión como console, SSH e IPMI, también posee puertos de red con 2 x GB ethernet, 1 x IPMI, 1 x DB9 y 1 x VGA y finalmente tiene fuentes de alimentación internas modulares dobles de 100 y 240V.

Número de llamadas simultáneas: 1500

Número de máximo de extensiones: 5000

6.2.5.2. Sangoma PBXact UC2000 - 2000 user / 1500 calls.

Definición de la marca: Es una centralita creada para grandes empresas y contact centers que buscan integrar sin problemas teléfonos IP, troncales VoIP, conectividad PSTN de forma paralela a un gran conjunto de funciones que mejoran la productividad de los empleados.

Módulos: Posee los mismos módulos que el modelo de 5000 usuarios mencionados anteriormente.

Características: Tiene las mismas características que el modelo mencionado anteriormente, sin embargo, cambia la última característica por EndPoint Manager para el aprovisionamiento de teléfonos y configuración personalizada (Incluido en teléfonos IP de marca Sangoma).

Número de llamadas simultáneas: 1500.

Número de máximo de extensiones: 2000.

6.3 Solución propuesta

A continuación, se presenta la solución propuesta para el servicio de VoIP en la Universidad de la Costa, la cual cuenta con una infraestructura actual que se puede observar en la Figura 5.

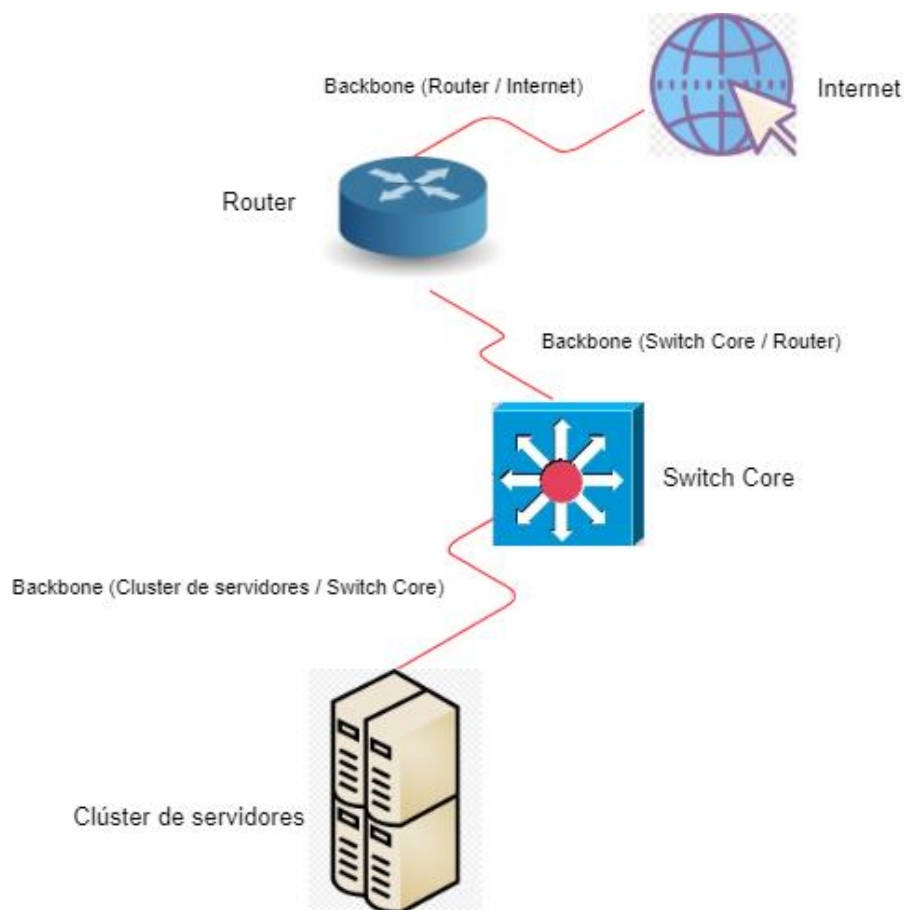


Figura 5. Plano de infraestructura general actual de telecomunicaciones de la Institución. **Fuente:** Elaboración propia.

Se procede a presentar las dos propuestas como soluciones basadas a la infraestructura actual de la Institución:

La primera solución se diseñó sin adicionar dispositivos de interconexión de red para brindar el servicio de VoIP, y para la segunda propuesta se añadieron dispositivos de interconexión en cada nivel administrativo de red.

Una aproximación de las características que tienen los equipos de interconexión con los que cuenta la infraestructura de telecomunicaciones de la Universidad de la Costa se describe a continuación:

- Routers: permite conectar varios dispositivos a la red. (Cisco, 2021a) tiene un router llamado Cisco ASR de la serie 1000, posee WAN definida por software de Cisco, seguridad integrada SD-WAN. Tiene procesadores integrados que permite acelerar muchas funciones avanzada como es la seguridad basada en criptografía.
- Switches cores para cada datacenter: permiten usar vlan de datos y de voz, para mejorar latencia y jitter. Además, calidad de servicio en las conexiones de internet, utilizando protocolo IPv6.

(Cisco, 2017) recomienda su Switch Cisco Nexus series 9000 y 9500, puede entrar en modo ACI y modo Cisco NX-OX y brinda beneficios como:

- ✓ Maximiza el rendimiento de las aplicaciones y operaciones de TI a través de una óptima latencia de la red, escala y visibilidad.
- ✓ Gran visibilidad y seguridad

- ✓ Ahorra costos en gastos de capital y gastos operativos, debido que, puede obtener puertos unificados que admiten 10/25 GbE y canal de fibra 8/16/32 G, RDMA sobre Ethernet convergente y almacenamiento IP
- ✓ Tiene módulos supervisor que incluye CPU con procesador de cuatro núcleos y 16 GB de RAM con unidad de estado sólido de 64 GB para arranque e información (Cisco, 2013).
- Servidores: cuentan con suficiente memoria RAM, debido que, el recurso que más consume, con buen procesador y disco duro.

Según (Cisco, 2021b) tiene varios servidores, sin embargo, resalta el modelo en rack Cisco UCS C240 M6 el cual cuenta con las siguientes características:

- ✓ CPU escalabres Intel de tercera generación, 2 Sockets.
- ✓ Hasta 40 núcleos por zócalos.
- ✓ Soporte de memoria de hasta 12 TB con Intel Optane.
- ✓ Hasta 28 unidades: SAS / SATA / NVMe.
- ✓ Hasta 8 ranuras de expansión PCIe Gen 4.0.
- Switches para cada piso: para estos switch Cisco cuenta con el modelo Catalyst de la serie 9600, el cual proporciona seguridad integral y ayuda a crecer a un costo operativo bajo. Posee núcleo más rápido y es abierto con facilidad de programar. Cuenta con las siguientes características según (Cisco, 2019):
 - ✓ 6 ranuras.
 - ✓ Opciones de puertos granuales 1G/ 10G / 25G / 40G / 100 G
 - ✓ Segmentación segura con SD-Access

- ✓ Cuenta con CPU x86 de 2.0 GHz con 8 núcleos, proporciona hasta 960 GB de almacenamiento local SATA SSD y es adaptado a IPv6 (Cisco, 2020),
- Los teléfonos IP, tienen ciertas características como lo es poder administrar por web, soporta los códecs más comunes como G.711, G722. También, posee manos libres con cancelación de eco, transmisión de video junto con audio, transferencias de llamadas, entre otras (Sierra Rodríguez, 2008). Cisco tiene un teléfono IP series 7800, el cual ofrece una comunicación de voz rentable, rendimiento claro en audio de ancho de banda y ayuda a reducir costos (Cisco, 2020b).

6.3.1. Infraestructura de red propuesta para soportar servicio de VoIP sin adicionar dispositivos de interconexión.

6.3.1.1. Infraestructura general de la Institución.

Ahora, se presenta el siguiente diseño en la Figura 6 como propuesta para la implementación del servicio VoIP, sin adicionar ningún dispositivo de interconexión y utilizando la infraestructura general de telecomunicaciones.

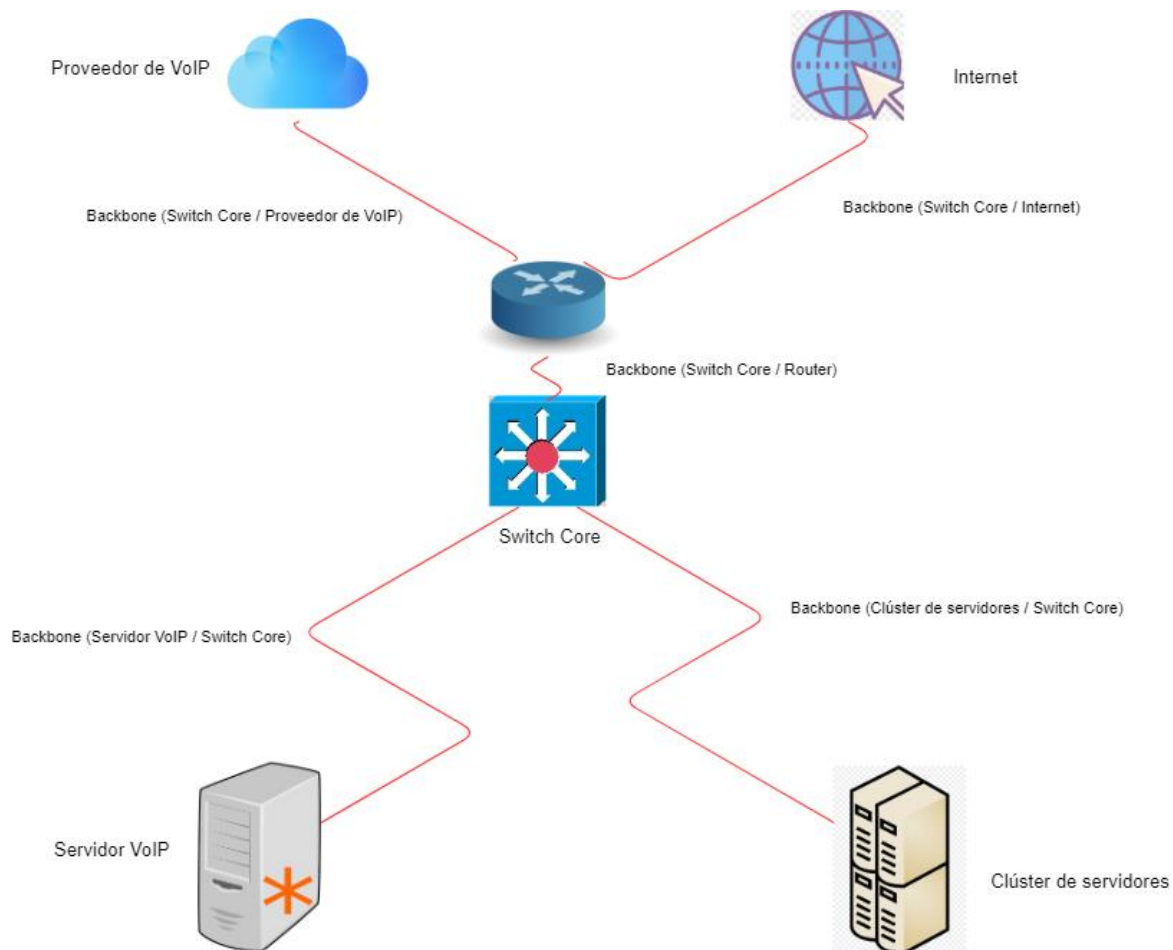


Figura 6. Plano de infraestructura general con servidor VoIP de la Institución. **Fuente:** Elaboración propia.

6.3.1.2. *infraestructura de red de cada edificio de la Institución.*

En esta Figura 7, se muestra que, cada edificio también cuenta con un plano de infraestructura de telecomunicaciones. Los Switches ya se encuentran en el cuarto de comunicaciones de la Institución. Cada edificio se conectará al Core del datacenter principal, el cual se encuentra en el bloque 2. Si el bloque tiene más pisos, deberá realizarse la misma implementación.

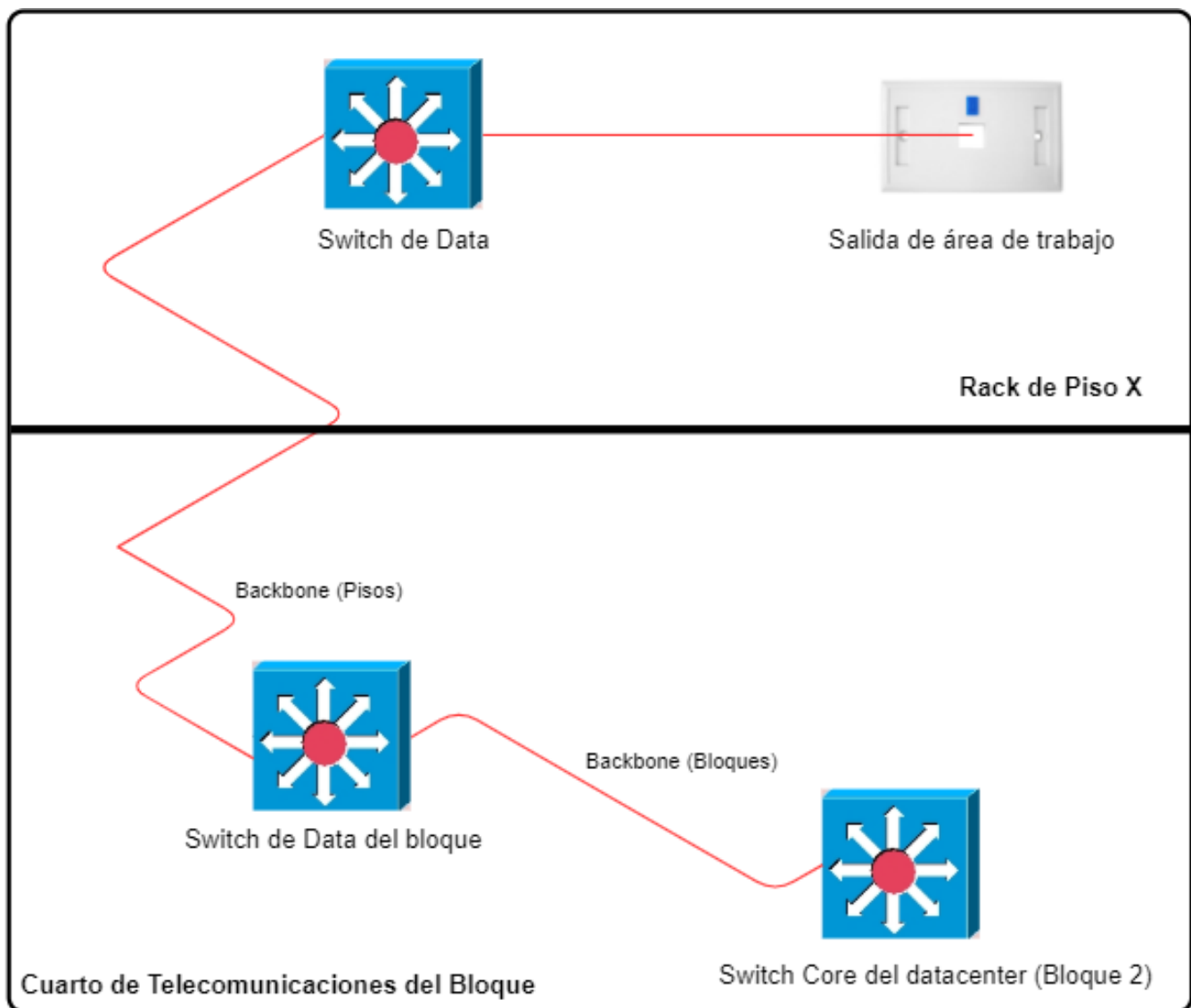


Figura 7. Plano de infraestructura de telecomunicaciones de cada bloque de la Institución. **Fuente:** Elaboración propia.

6.3.1.3. Diseño de red para cada puesto de trabajo.

En esta Figura 8, se muestra el diseño de puesto de trabajo con Softphone. Para este puesto de trabajo no es necesario tener un dispositivo físico para realizar y recibir llamadas VoIP como por ejemplo un teléfono IP. Por otra parte, ofrece la posibilidad de llamar utilizando un solo software; este software puede ser instalado en portátiles, tablets e incluso en celulares.

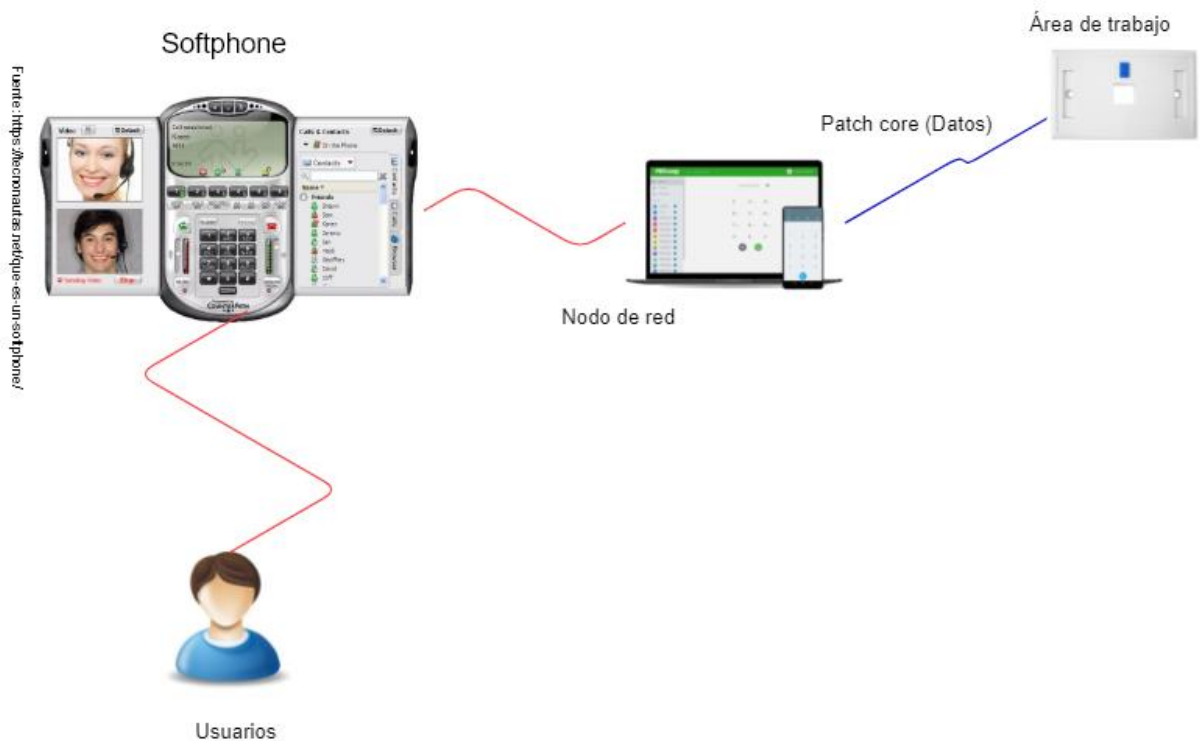


Figura 8. Puesto de trabajo con Softphone. **Fuente:** Elaboración propia.

6.3.2. Infraestructura de red propuesta adicionando dispositivos de interconexión para soportar el servicio de VoIP.

6.3.2.1. Infraestructura general de la Institución.

Ahora, se muestra la segunda propuesta que es la implementación dispositivos de interconexión para el servicio VoIP; cabe aclarar que se siguió utilizando la infraestructura actual de la Institución. Aquí se añadieron dos switch uno de voz y de datos. (Ver Figura 9)

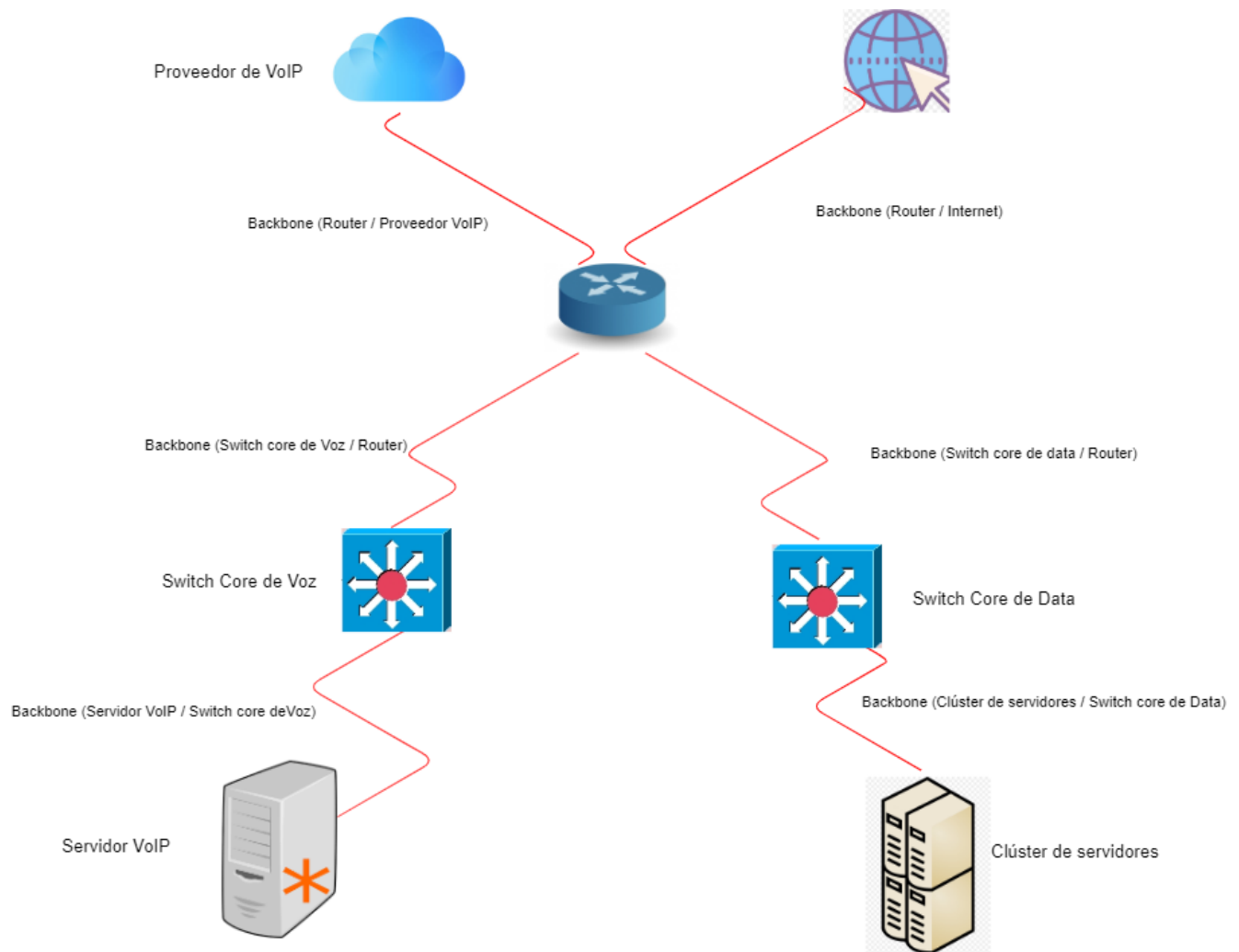


Figura 9. Plano de infraestructura general con servidor VoIP añadiendo dispositivos de interconexión. *fuentes:*

Elaboración propia

6.3.2.2. infraestructura de red de cada edificio de la Institución.

A continuación, en esta Figura 10, se muestra que, cada edificio también cuenta con un plano de infraestructura de telecomunicaciones. Se les adicionó el switch de voz, por el cual podrá conectarse teléfonos IP. Cada edificio se conectará al Core del datacenter principal, el cual se encuentra en el bloque 2. Si el bloque tiene más pisos, deberá realizarse la misma implementación.

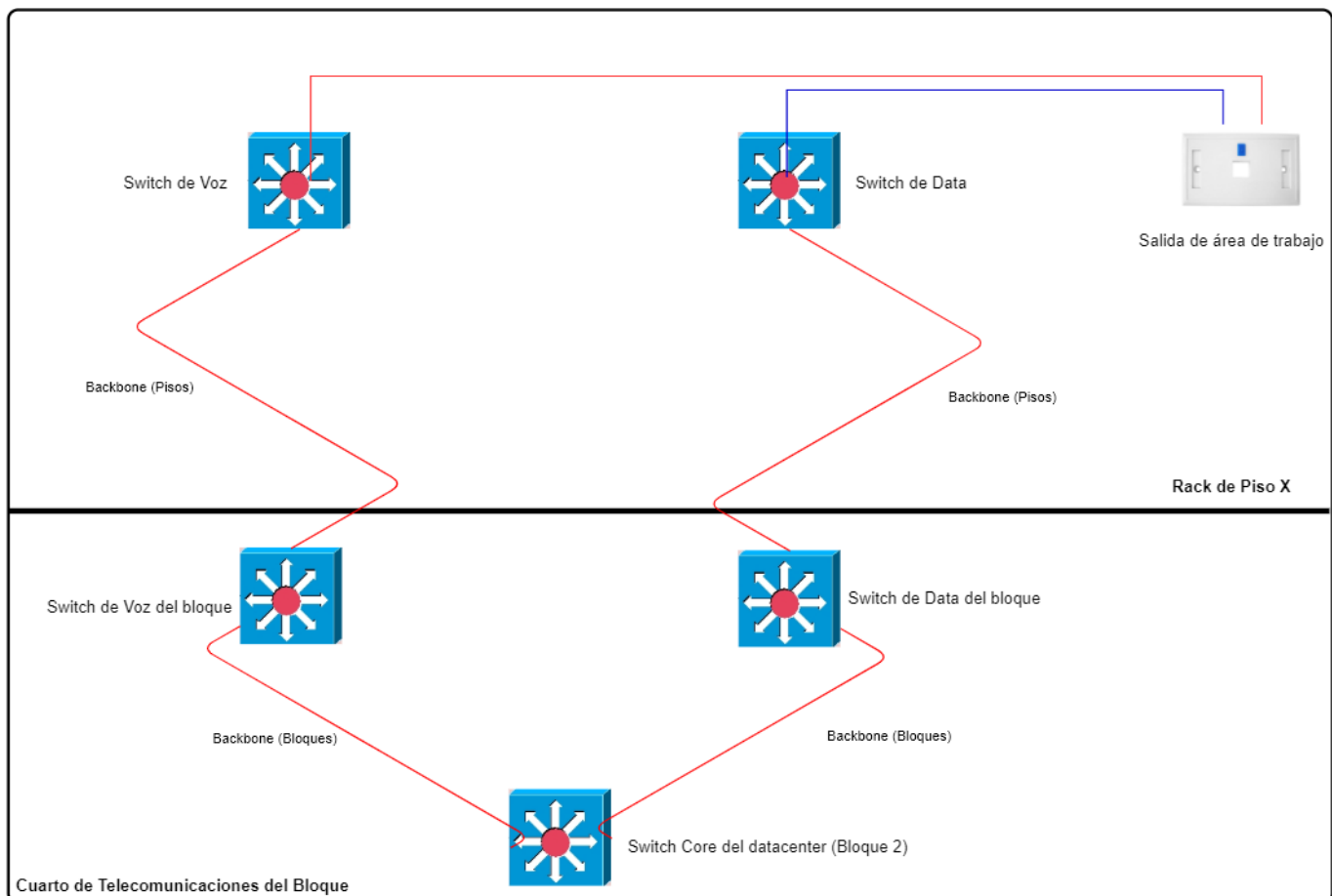


Figura 10. Plano de infraestructura de cada edificio de la Institución. **Fuente:** Elaboración propia.

6.3.2.3. Diseño de red para cada puesto de trabajo.

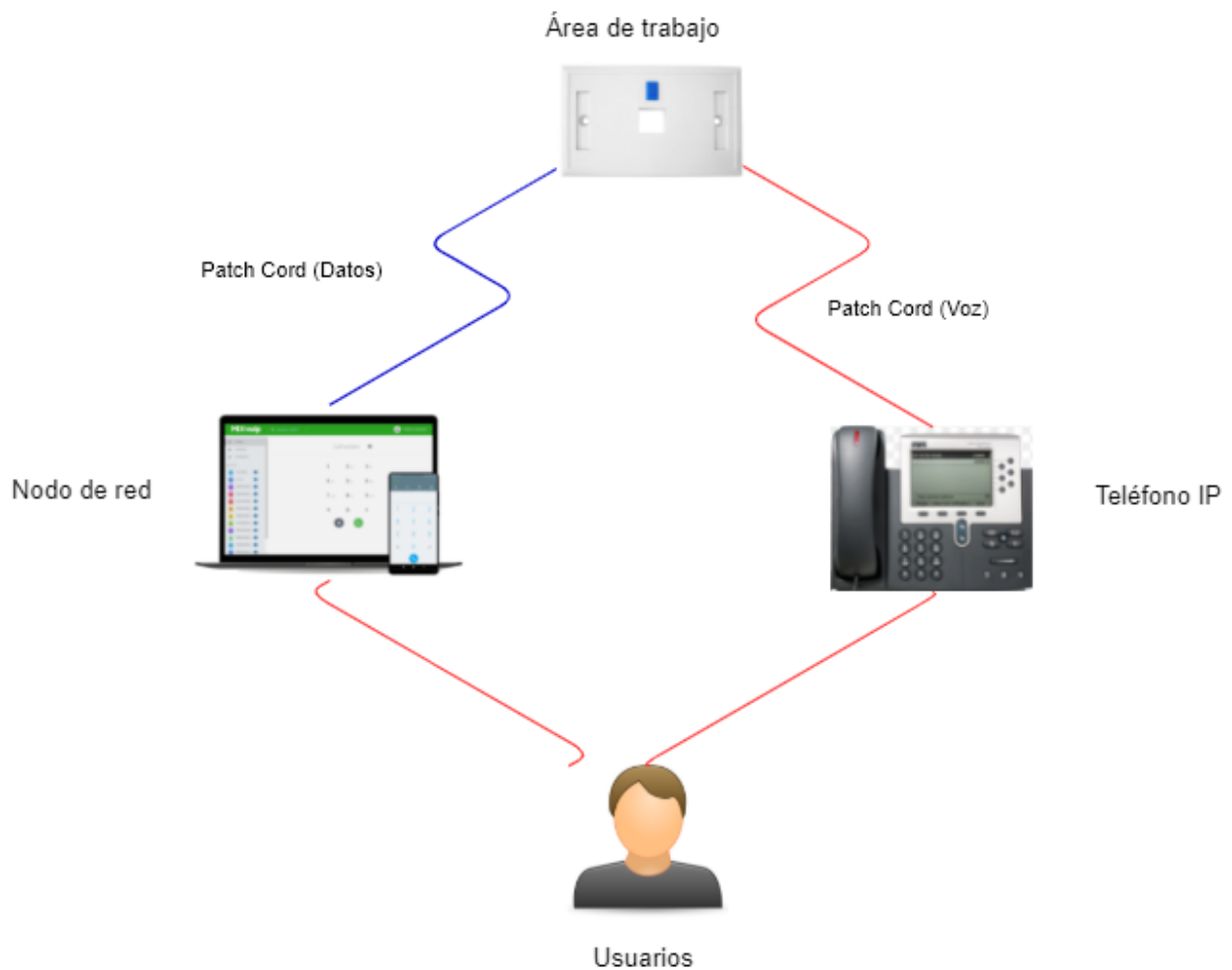


Figura 11. Puesto de trabajo con Teléfonos IP. **Fuente:** Elaboración propia.

Estos teléfonos IP son similares a los teléfonos tradicionales (Ver Figura 11). La mayoría de estos teléfonos VoIP traen una pantalla pequeña donde se puede observar la información. Esta telefonía VoIP ayuda a disminuir costos de integración, debido que la telefonía tradicional tiene costos más elevados y se incrementa a medida que la Institución va necesitando tener más líneas o extensiones.

7. Resultados y análisis

Con respecto a toda la investigación realizada, los resultados que se pueden obtener utilizando el servicio de VoIP basado en el protocolo IPv6 son muchos, porque mejorará la comunicación a medida que la universidad va creciendo, primero por lo que tendrá más recursos tecnológicos para estar en constante comunicación y segundo porque no se les agotará las direcciones IP lo cual es una gran ventaja. Además, la calidad que ofrecen estos 2 servicios (VoIP e IPv6) es inigualable a la hora de realizar llamadas, videoconferencias, entre otros.

Adicionalmente, ayudará a reducir costos en llamadas a larga distancia o llamadas internacionales. Por otro lado, será fácil de administrar, simplemente a través de una interfaz podrá agregar, eliminar, actualizar extensiones o usuarios.

También, podrán obtener una mejor información del estado actual del sistema VoIP, para estar enterados de qué está sucediendo, sin embargo, la información permanecerá cifrada y son totalmente seguros y pueden conectarse desde cualquier lugar, así lo asegura (VoIPstudio, 2018):

Los servicios de VoIP empresariales proporcionan un acceso transparente a sistema de teléfono de una organización desde cualquier lugar, a todos sus empleados. A veces los usuarios se encuentran en casa, trabajando en ubicaciones remotas. VoIP permite que dichos trabajadores utilicen cualquier dispositivo que tengan con el mismo número que el de trabajo, protegiendo así su privacidad y ofreciendo una imagen profesional a todas las personas que llaman.

8. Conclusiones

En base a la experiencia obtenida en esta investigación se ha podido analizar y comprender las ventajas que tiene el servicio VoIP junto al protocolo IPv6 y las plataformas de software libre en las grandes empresas y que actualmente es un tema que da de que hablar en las telecomunicaciones.

Este servicio de VoIP es un buen aliado para desarrollar una buena comunicación en la Universidad de la Costa, tanto actualmente como en un futuro, porque como bien se sabe, la universidad estará en constante crecimiento y deberá tener los mejores recursos tecnológicos para brindar un buen servicio y moderno.

Años atrás, se mencionaba mucho VoIP, pero no era tan utilizado como lo es actualmente, porque las empresas se dieron cuenta que es mucho más sencillo, productivo y de bajo costo que la telefonía tradicional o sistemas basado en PSTN existentes.

Finalmente, es una opción viable para implementarlo en la Universidad de la Costa, debido que, será de gran ayuda actualmente y podría tener un futuro exitoso por lo que puede que la telefonía tradicional más adelante sea retirada igual como está sucediendo actualmente con el protocolo IPv4 que llegó a su agotamiento, por lo tanto, se debe migrar a IPv6.

9. Referencias

Alonzo Berruecos, A., Maldonado Ortega, M., & Torres, N. (2015). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA TELEFÓNICO BASADO EN TELEFONÍA IP TESIS CURRICULAR ARTURO PÉREZ MARTÍNEZ INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.*

https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/17340/1/Implentación_de_un_sistema_telefónico_basado_en_telefonia_IP.pdf

Avanzada7. (2019). *Sangoma PBXact Appliance 5000 - Avanzada 7.*

<https://www.avanzada7.com/es/productos/centralitas/centralitas-hardware/sangoma-pbxact-uc5000>

Cabrera Sanmartín, L. V. (2012). *CALIDAD DE SERVICIO EN IPV6.*

<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0063146.pdf>

Central IP. (2019). *Top 3 mejores Softphone de 2019 | Voz sobre IP | Central IP.* Noticias de Telefonía IP. <https://www.centralip.cl/mejores-softphone-2019/>

Chandel, S. T., & Sharma, S. (2016). Performance evaluation of IPv4 and IPv6 routing protocols on wired, wireless and hybrid networks. *International Journal of Computer Networks and Applications (IJCNA)*, 3(3), 57–62.

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/47250427/Vol-3-issue-3-M-02.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DPerformance_Evaluation_of_IPv4_and_IPv6.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200305

Cicileo, G. (2018). *Agotamiento de IPv4 y necesidad de IPv6*. <https://onthemove.lacnic.net/wp-content/uploads/2017/10/Agotamiento-IPv4.pdf>

Cisco. (2013). *Switches Cisco Nexus 9500*.

https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/C78-729404-00_Nexus_9500_DS_v4c.pdf

Cisco. (2017). *Cisco Nexus 9000 Series Switches Services*. 1.

https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/switches/nexus-9000-series-switches/aag_Nexus_9K_Services.pdf

Cisco. (2019). *Switches Cisco Catalyst de la serie 9600*.

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-9600-series-switches/index.html#~benefits>

Cisco. (2020a). *Cisco Annual Internet Report - Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper - Cisco*. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>

Cisco. (2020b). *Hoja de datos de Cisco IP Phone serie 7800*.

[/us/products/collateral/collaboration-endpoints/unified-ip-phone-7800-series/data-](https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/unified-ip-phone-7800-series/data-sheet-7800-ip-phone-7800-series-data-sheet-cte-en.html)

Cisco. (2020c). *Hoja de datos de los switches Cisco Catalyst de la serie 9600*.

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-9600-series-switches/nb-06-cat9600-series-data-sheet-cte-en.html>

Cisco. (2021a). *Hoja de datos de los routers de servicios de agregación Cisco ASR serie 1000*.

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/asr-1000-series-aggregation-services-routers/datasheet-c78-731632.html>

Cisco. (2021b). *Servidores en rack Cisco UCS C-Series*.

<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/servers-unified-computing/ucs-c-series-rack-servers/at-a-glance-c45-2377656.html>

EcuRed. (2015). *Códec* . <https://www.ecured.cu/Códec>

Escamilla, W., & Hernandez, K. (2015). *DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA DE RED VOIP PARA LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA UTILIZANDO LA METODOLOGÍA TOP-DOWN. DIRECTOR*.

[https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2927/DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA DE RED VOIP PARA LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA UTILIZANDO TOPDOWN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2927/DISEÑO%20DE%20UNA%20INFRAESTRUCTURA%20DE%20RED%20VOIP%20PARA%20LA%20UNIVERSIDAD%20DE%20CARTAGENA%20UTILIZANDO%20TOPDOWN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gálvez Soto, J. M. (2012). *Enfoque comparativo entre IPv4 e IPv6 de la QoS en Redes Inalámbricas*.

Gamboa, F., López S, D. A., & Salcedo P, O. J. (2012). *Vista de Transporte de voz en entornos ipv4 e ipv6 / Visión electrónica*.

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/3743/5953>

González Soto, M. (2018). *Diseño e implementación de una red de VoIP, para la mejora en la prestación del servicio de telefonía en la localidad de Vinchos, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho*.

Hyun, J., Li, J., Kim, H., Yoo, J.-H., & Hong, J. W.-K. (2015). IPv4 and IPv6 performance comparison in IPv6 LTE network. *2015 17th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, 145–150.

<https://ezproxy.cuc.edu.co:2065/document/7275417>

iNPHONEX. (2012). *Requerimientos de Ancho de Banda y CODECs*.

<http://www.inphonex.es/soporte/voip-codecs.php>

ITU. (2009). *El protocolo de transmisión de voz por Internet (VoIP) llega a la mayoría de edad*.

<https://www.itu.int/net/itunews/issues/2009/07/21-es.aspx>

Kolahi, S. S., & Li, P. (2016). Performance analysis of some operating systems in wireless

802.11 n networks. *International Journal of Computing and Network Technology*, 4(01).

<https://journal.uob.edu.bh/bitstream/handle/123456789/1722/IJCNT040105.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López Chalacán, V. (2011). *Análisis de la paquetización de voz sobre IP empleando el protocolo*

de inicio de sesiones SIP con back to back user agent (B2BUA) en una aplicación sobre

redes WI-FI. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4845/1/T-ESPE-032947.pdf>

Malekzadeh, M. (2019). IPv6 Transition Measurements in LTE and VHT Wi-Fi Mobile

Networks. *IEEE Access*, 7, 183024–183039.

Martinez, M. (2015). *Diseño del sistema de telefonía IP bajo una plataforma de software libre*

para la industria Floralp S.A de la ciudad de Ibarra.

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4511/1/04 RED 059 Tesis.pdf>

Matango, F. (2016). *Codecs y Formatos de audio en Telefonía IP / VoIP*.

<http://www.servervoip.com/blog/codecs-y-formatos-de-audio-en-telefonía-ip/>

Meggelen, J., Madsen, L., & Smith, J. (2007). *Asterisk: The future of telephony* (Second).

O'Reilly Media, Inc. <https://ftp.openbsd.org/pub/OpenBSD/distfiles/9780596510480.pdf>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2016). *¿Qué es IPv6?* .

<https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Micrositios/IPV6/IPv6-Colombia/5892:Que-es->

IPv6

MTnet. (2017). *Estándares internacionales para el diseño de centros de datos*.

<https://www.mtnet.com.mx/estandares-internacionales-para-el-diseno-de-centros-de-datos/>

OpenSips. (2016). *openSIPS / About / About*. <https://www.opensips.org/About/About>

Orade. (2015). *Los Codecs en la Telefonía IP, ¿Qué Son y Cómo Funcionan?*

<https://orade.com/los-codecs-en-la-telefonía-ip-que-son-y-como-funcionan/>

Papagiannidis, S., Berry, J., & Li, F. (2006). Well beyond streaming video: IPv6 and the next generation television. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(5), 510–523.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162505000831>

Peres, B. S., & Goussevskaia, O. (2015). Ipv6 multihop host configuration for low-power wireless networks. *2015 XXXIII Brazilian Symposium on Computer Networks and Distributed Systems*, 189–198. <https://ezproxy.cuc.edu.co:2065/document/7320526>

Pickard, J. L., & Patrick, A. Y. (2015). Workshop: IPv6 address planning. *SoutheastCon 2015*, 1–2. <https://ezproxy.cuc.edu.co:2065/document/7133000>

Postel, J. (1980). *User Datagram Protocol*. RFC768. <https://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>

Postel, J. (1981). *Internet Protocol*. <https://tools.ietf.org/html/rfc791>

Robledano, Á. (2019). *Qué es TCP/IP y características principales* / OpenWebinars.

<https://openwebinars.net/blog/que-es-tcpip/>

Sierra Rodríguez, A. (2008). *Instalación de un sistema VoIP corporativo basado en Asterisk*.

Su, C., Liu, R., & Li, X. (2019). A study on the distribution of active IPv6 addresses used by websites. *2019 IEEE 8th Joint International Information Technology and Artificial*

Intelligence Conference (ITAIC), 871–874.

<https://ezproxy.cuc.edu.co:2065/document/8785473>

Sugar, D. (2003). *GNU Bayonne Installation Guide*.

<https://www.gnu.org/software/bayonne/install.html#SECTION00041000000000000000>

Tech-Blog. (2018). *ISO, COBIT e ITIL, ¿cuál de estas normas y estándares internacionales te conviene más para potenciar tu empresa?* <https://www.gb-advisors.com/es/normas-y-estandares-internacionales/>

Unitel. (2017). *Normas sobre Cableado Estructurado. España. Unitel Telecomunicaciones*.

<https://unitel-tc.com/normas-sobre-cableado-estructurado/>

Voicetronix. (2017). *OpenPBX / Open Source PBX Software / Voicetronix*.

<http://www.voicetronix.com/openpbx.htm>

VoIPstudio. (2018). *Ventajas y desventajas de VoIP para empresas*.

<https://voipstudio.es/blog/ventajas-y-desventajas-de-voip-para-empresas/>

Wes, B. (2020). *Specifications - FreeSWITCH - Confluence*.

<https://freeswitch.org/confluence/display/FREESWITCH/Specifications>